ENCYCLOPÉDIE CHIMIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. FREMY

Membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, directeur du Muséum
Membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique

PAR UNE RÉUNION

D'ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DE PROFESSEURS ET D'INDUSTRIELS

ET NOTAMMENT DE

MM. **ARSON** et **AUDOUIN**, ingénieurs en chef des travaux chimiques à la Compagnie parisienne du Gaz
H. BECQUEREL, répétiteur à l'École polytechnique; **BERTHELOT**, sénateur, membre de l'Institut
BOUILLET, ing. direct. de la maison Christophle; **M. BOURGEOIS**, préparat. du cours de chim. organ. au Muséum
BOURGOIN, professeur à l'École de pharmacie; **BOUTAN**, ingénieur des mines
CAMUS, directeur de la Compagnie du Gaz; **AD. CARNOT**, directeur des études de l'École des mines
CHASTAING, pharm. en chef de la Pitié; **CLEVE**, prof. à l'Université d'Upsal; **CH. CLOEZ**, répét. à l'Éc. polytech.
CUMENGE, ingén. en chef des mines, **CURIE (J.)**, maître de confér. à la Faculté des sciences de Montpellier
DEBIZE, ingénieur en chef des manufactures de l'État; **DEBRAY**, membre de l'Institut
DECAUX, directeur des teintures des manufactures de l'État; **DEHÉRAIN**, professeur au Muséum
DITTE, profess. à la Faculté des sciences de Caen; **DUBREUIL**, président de la Chambre de commerce à Limoges
DUCLAUX, professeur à l'Institut agronomique; **DUQUESNAY**, ingénieur des manufactures de l'État
EUVERTE, directeur des forges de Terre-Noire
FUCHS, ingénieur en chef des mines; **DE FORCRAND**, professeur à la Faculté des sciences de Montpellier
GAUDIN, ancien élève de l'École polytechnique professeur de chimie
GIRARD, directeur du Laboratoire municipal; **GRANDEAU**, direct. de la station agron. de Nancy
L. GRUNER, inspecteur général des mines; **GUNTZ**, docteur ès sciences
HENRIVAUX, directeur de la manufacture des glaces de Saint-Gobain; **JOANNIS**, docteur ès sciences
JOLY, maître de conférences à la Sorbonne; **JOULIE**, pharmacien en chef de l'hospice Dubois
JUNGFLEISCH, prof. à l'École de pharm.; **KOLB**, administrat. de la Soc. des manuf. des produits chim. du Nord
LEMOINE, ingénieur en chef des ponts et chaussées, répétiteur à l'École polytechnique
LEIDIE, pharm. en ch. de l'hôpital Necker; **LODIN**, ing. des mines; **MALLARD**, profess. à l'École des mines
MARGOTTET, professeur à la Faculté des sciences de Dijon
MARGUERITTE, président du Conseil d'administration de la Compagnie parisienne du Gaz
MARGUIN, ancien élève de l'École polytechnique; **MATHEY**, directeur des houillères de Blanzy
MEUNIER (Stanislas), aide-naturaliste au Muséum
MEUNIER (J.), docteur ès sciences, chef de trav. chim. à l'École Centrale; **MOISSAN**, agrégé à l'École de pharm.
MOUTIER, examinateur de sortie à l'École polytechnique; **NIVOIT**, prof. à l'École des ponts et chaussées
ODENT, anc. élève de l'École polytechnique; **OGIER**, direct. du laboratoire de toxicologie à la préfect. de police
PABST, chim. princ. du Laboratoire municipal; **PARMENTIER**, prof. à la Faculté des sciences de Montpellier
PÉCHINAY, directeur des usines de prod. chim. du Midi; **PERSOZ**, directeur de la condition des soies
POMMIER, industriel; **PRUNIER**, prof. à l'École de pharmacie; **RIBAN**, direct. du labor. de chimie à la Sorbonne
SABATIER, prof. à la Faculté des sciences de Toulouse; **SARRAU**, prof. à l'École polytechnique
SCHLAGDENHAUFFEN, prof. à la Faculté de méd. de Nancy; **SCHLOESING**, prof. au Cons. des arts et métiers
SOREL, ancien ingénieur des manufactures de l'État; **TERREIL**, aide-naturaliste au Muséum
TERQUEM, professeur à la Faculté de Lille; **URBAIN**, répétiteur à l'École Centrale des arts et manufactures
VERNEUIL, professeur de chimie; **VIEILLE**, ing. des poudres et salpêtres
VILLIERS, agrégé à l'École de pharmacie; **VINCENT**, professeur à l'École Centrale
VIOLLE, prof. à la Faculté des sciences de Lyon, et **WELDON**, membre de la Société royale de Londres, etc., etc.

TOME III. — MÉTAUX

15e CAHIER

L'Argent et ses composés

2e PARTIE. — APPLICATIONS

Par M. R. DE FORCRAND

Professeur de chimie à la Faculté des sciences de Montpellier

PARIS

Vve CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES CHEMINS DE FER
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Augustins, 49

1889

L'ARGENT

ET SES COMPOSÉS

PAR

R. DE FORCRAND

Professeur de chimie à la Faculté des sciences de Montpellier

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS

Dans la première partie de cet article (partie théorique), nous avons résumé les propriétés les plus caractéristiques de l'argent et de ses composés, en nous plaçant au point de vue théorique. Nous n'avons admis d'exception que pour la métallurgie de l'argent, dont l'étude comprend nécessairement bien des questions industrielles, parce qu'il nous a paru indispensable de faire connaître les principaux procédés employés pour obtenir le métal dont nous devions indiquer les propriétés. Encore n'avons-nous, sur ce point, que signalé le principe des méthodes.

Cependant nous avons rencontré, à chaque page, des corps dont les applications industrielles sont nombreuses. Nous devons, dans cette seconde partie, combler cette lacune.

Nous y résumerons la plupart des questions industrielles relatives à l'argent et à ses composés, en faisant connaître leurs applications les plus importantes.

Cette étude sera divisée en sept chapitres :

CHAPITRE PREMIER

AFFINAGE DES MÉTAUX PRÉCIEUX

Pris dans son acception la plus large, le mot *affinage* est synonyme de *purification*. C'est ce sens qu'on lui donne lorsqu'on parle de l'*affinage du cuivre*, de l'*affinage de la fonte*, de l'*affinage de l'argent*, etc. Cependant, dans ce dernier cas, la purification de l'argent est plus généralement désignée sous le nom de *raffinage*. Nous avons fait l'étude, dans la première partie, des principaux procédés de raffinage de l'argent.

Mais, lorsque le mot *affinage* est employé seul, il s'applique plus particulièrement aux métaux précieux, et presque toujours aux alliages dans lesquels se trouvent à la fois l'or et l'argent, et dont on veut extraire ces métaux à l'état de pureté.

Ainsi l'affinage des métaux précieux a pour but de séparer l'or et l'argent des alliages, ou bien d'isoler l'or contenu en minime proportion dans l'argent, ou encore d'extraire de très petites quantités d'argent contenues dans l'or ou dans les alliages d'or et de cuivre.

Ces méthodes, ainsi définies, appartiennent au domaine de la chimie industrielle, autant par les réactions qu'elles utilisent que par leur objet même. Leur importance tient, en effet, à des causes qui n'ont rien de théorique, et qui dépendent à la fois de la valeur différente des métaux que l'on cherche à séparer et de la législation spéciale des alliages d'or et d'argent. Cherchons à préciser ces causes.

L'or ayant une valeur beaucoup plus grande que l'argent, puisque légalement 1 kilogramme d'or vaut $15^{kg},5$ d'argent, il y a évidemment intérêt à enlever à l'argent, ou aux alliages d'argent et de cuivre, les dernières traces d'or qu'ils peuvent retenir, car, tant que l'or n'est qu'en faible proportion, il ne modifie pas les propriétés de l'argent, dont la valeur vénale n'est pas plus grande que si ces traces d'or étaient remplacées par de l'argent. On crée donc une valeur nouvelle lorsqu'on sépare ces petites quantités d'or, qui, devenu libre, reprend sa valeur propre. Industriellement, il y aura intérêt à effectuer cette séparation tant que les frais qu'elle occasionne n'atteindront pas la valeur de l'or ainsi isolé.

Mais l'affinage a également pour but de séparer de petites quantités d'argent contenues dans l'or ou dans les alliages d'or et de cuivre; l'utilité de cette opération s'explique par la législation spéciale qui régit la fabrication des alliages d'or et des alliages d'argent.

La loi a fixé le titre des matières d'or et d'argent, en n'indiquant que la proportion du métal précieux qui forme la plus grande partie de l'alliage;

ainsi, légalement, les monnaies d'or sont au titre de 900 millièmes d'or et 100 millièmes de cuivre ; et les monnaies divisionnaires d'argent au titre de 835 millièmes d'argent et 165 millièmes de cuivre. Il en résulte qu'une monnaie d'or qui contiendrait 900 millièmes d'or, 95 millièmes de cuivre et 5 millièmes d'argent n'aurait pas une valeur supérieure à celle d'une monnaie à 900 millièmes d'or et 100 millièmes de cuivre, à poids égal. La petite quantité d'argent retenue dans le premier cas est donc comptée comme cuivre, et sa valeur propre est perdue (1). Industriellement, il y aura avantage à effectuer l'affinage de semblables alliages, toutes les fois que la dépense de ce traitement sera inférieure à la valeur perdue.

Si l'on suppose que les frais d'affinage sont les mêmes, à poids égal, pour l'alliage d'or contenant des traces d'argent, et pour l'alliage d'argent contenant des traces d'or, on voit immédiatement que, dans le premier cas (alliage d'or argentifère), l'affinage sera moins parfait que dans le second, la limite correspondant à un poids d'argent 15 fois 1/2 plus grand que le poids de l'or qu'on peut négliger dans un alliage d'argent aurifère.

L'analyse des anciennes monnaies égyptiennes, grecques ou romaines montre que les procédés d'affinage, tels que nous les comprenons aujourd'hui, étaient inconnus des anciens. Hoefer (2) donne l'analyse d'une monnaie de Crotone, de l'an 600 avant notre ère, qui contenait, sur 113^{gr},64 :

Argent	109,50
Cuivre	1,00
Or	0,13
Perte	3,00

Une autre analyse, publiée par d'Arcet (3), a fourni :

Argent	36,8
Or	18,4
Cuivre	44.8
	100,0

On employait évidemment l'or et l'argent natifs pour la fabrication des monnaies; on ne soupçonnait pas l'utilité de les allier à un peu de cuivre pour augmenter leur dureté, et on ignorait l'art de la séparation. Aussi les pièces de monnaie, de composition et souvent de poids très variables, n'avaient-elles qu'une valeur purement conventionnelle, attestée et imposée par les empreintes qu'elles portaient.

Cependant, les anciens savaient que l'or et l'argent ne se rencontrent que rarement à l'état de pureté dans la nature, et qu'ils sont souvent associés. Pausanias nous apprend même que l'alliage naturel d'or et d'argent prenait le nom d'*electrum*. D'après Pline : « Tout or est allié d'argent ; la proportion

(1) Plus exactement, la valeur perdue est égale à la différence entre celle des 5 millièmes d'argent et celle d'un poids égal de cuivre.
(2) *Histoire de la chimie*, t. I, p. 120.
(3) *Annales de chimie*, t. LXXII, p. 50.

seule varie; c'est quelquefois la dixième, la neuvième, la huitième partie du poids. Lorsque la proportion de l'argent est d'un cinquième, l'or perd son nom et s'appelle *electrum.* » Pline (*Hist. nat.*, liv. XXXIII) signale la mine d'Albicrate, dans les Gaules, comme très estimée, parce que l'or qu'elle fournissait ne contenait qu'un trente-sixième d'argent, tandis que les autres donnaient, en moyenne, un dixième et même un huitième.

Ils connaissaient même quelques méthodes, imparfaites il est vrai, pour séparer l'or de l'argent et généralement des autres métaux. L'or natif qui était à peu près pur était désigné sous le nom de χρυσὸς ἄπυρος, or *sans feu* ou or *apyre*, parce qu'on n'avait pas besoin de le traiter par le feu pour le purifier.

Strabon, en décrivant le mode d'exploitation des mines d'Espagne, nous explique que l'on obtenait, comme premier produit, un mélange d'or et d'argent, qu'on faisait subir à ce corps une nouvelle calcination, que l'argent était alors détruit ou brûlé, et que l'or restait pur au fond du creuset. Pline est encore plus explicite (1) :

« On met, dit-il, avec l'or, dans un vase de terre, deux parties de sel commun, trois parties de *misy* (probablement du sulfate de fer ou de cuivre) et, de nouveau, deux parties d'un autre sel et une partie d'une pierre appelée schiste (terre argileuse); on expose ce vase à l'action du feu; le mélange s'empare alors de tout ce qui est étranger à l'or, qui demeure pur. »

Le mélange indiqué par Pline devait produire, sous l'influence de la chaleur, de l'acide chlorhydrique qui transforme l'argent en chlorure. Ce dernier métal était ainsi éliminé dans un état où ses propriétés physiques ordinaires ne se retrouvaient pas; on pensait alors qu'il avait été brûlé et détruit.

Un procédé tout à fait analogue est décrit dans un des papyrus de Leyde.

Cette méthode n'est autre que celle du *cément royal*, dont parlait Macquer en 1778, et qui fut suivie constamment jusqu'au douzième et au treizième siècle, époque à laquelle on lui substitua le *départ* de l'argent au moyen de l'eau-forte (2).

Ce procédé du cément royal était, du reste, très imparfait, et les anciens ne l'ignoraient pas. Nous trouvons, dans les *Institutes*, cette comparaison : « De même que le vin et le miel donnent naissance à une espèce d'émulsion, ainsi l'or et l'argent, fondus ensemble, donnent un alliage appelé *electrum*, dont il est également difficile de séparer les éléments (3). »

Avant l'emploi de l'eau-forte, les essayeurs se servaient aussi de l'affinage au moyen du sulfure d'antimoine. Dans ses *Recherches sur la métallurgie des anciens* (chap. VIII), Savot nous apprend que : « On peut affiner l'or et le séparer de l'argent et du cuivre au moyen de l'antimoine (sulfure d'antimoine), en fondant, avec l'or, de l'antimoine, plus ou moins, selon qu'il y a plus ou moins d'argent ou de cuivre allié à l'or. L'antimoine étant ainsi fondu avec l'or non pur, il s'emboit et s'abreuve du cuivre et de l'argent, quittant l'or, lequel tombe peu après, comme une régule, au fond du creuset; mais d'autant que

(1) *Hist. nat.*, l. XXXIII, c. XXV.

(2) Quelques auteurs pensent que l'emploi de l'eau-forte ne s'est généralisé qu'au commencement du seizième siècle.

(3) L. II des *Institutes*, titre I, § 27.

cet or demeure aigre, ne se pouvant qu'il ne retienne et emporte avec soi quelque chose de l'antimoine, pour en retirer tout à fait l'antimoine, on fait exhaler et évaporer tout ce que l'or aurait pu tirer d'antimoine avec soi, en l'éventant avec prudence; car, si on chasse l'antimoine un peu trop fort, il emporte de l'or avec soi (1). »

Ce procédé au sulfure d'antimoine est très défectueux; l'or ainsi séparé est peu malléable; on est obligé de le calciner de nouveau et d'en chasser les fleurs d'antimoine qui se forment pendant cette seconde partie du traitement.

On a encore proposé, à une époque plus récente, de purifier des alliages d'or et d'argent au moyen du soufre et de la litharge; mais cette opération ne permet d'obtenir qu'un affinage très incomplet. On y a recours encore aujourd'hui, mais seulement pour enrichir l'alliage que l'on veut traiter par l'acide azotique.

Enfin, en 1820, Dizé a imaginé le traitement par l'acide sulfurique; dans l'alliage d'or et d'argent, ce dernier métal seul est attaqué par l'acide; l'opération est possible quel que soit le titre d'alliage, et la séparation est parfaite. L'affinage par l'acide sulfurique fut organisé simultanément, en 1825, par Serbat, à la Monnaie de Paris, et par Michel Poirat, dans une usine particulière. C'est cette méthode à l'acide sulfurique à laquelle on a recours presque exclusivement aujourd'hui; nous l'exposerons avec plus de détails.

Nous citerons encore, comme pouvant être employées dans certains cas spéciaux, les méthodes par le chlore, et, pour mémoire seulement, les méthodes très insuffisantes de purification par oxydation et fusion prolongée en présence de l'air; le traitement par le salpêtre ou par le bichlorure de mercure, ces dernières opérations n'ayant pas passé dans la pratique industrielle.

En résumé, nous aurons à examiner trois procédés de purification assez imparfaite :

1° Séparation de l'or par le soufre et la litharge;
2° Séparation par le sulfure d'antimoine;
3° Séparation par cémentation (cément royal);

Et trois procédés d'affinage proprement dits :

4° Affinage par l'acide azotique;
5° Affinage par l'acide sulfurique;
6° Affinage par le chlore.

1° SÉPARATION DE L'OR PAR LE SOUFRE ET LA LITHARGE.

Comme le fait remarquer R. Wagner (2), ce procédé n'a pas pour objet de séparer complètement l'or des métaux (argent, cuivre) avec lesquels il est allié, mais seulement de le concentrer dans une quantité d'argent plus petite que celle de l'alliage primitif. C'est donc une simple concentration de l'or, et on n'a

(1) Hoefer, *Hist. de la chimie*, t. I, p. 501, en note.
(2) *Nouveau traité de chimie industrielle*, par R. Wagner et L. Gautier, t. I, p. 230 (1878).

guère recours à ce traitement que lorsqu'on doit affiner par voie humide, spécialement par l'acide azotique, et dans le but d'économiser cet acide. Voici, d'après le même auteur, en quoi consiste cette séparation :

« Dans un creuset de graphite chauffé au rouge, on introduit l'alliage aurifère granulé avec $\frac{1}{7}$ de son poids de fleurs de soufre humides et l'on couvre le tout avec de la poudre de charbon. Le creuset est maintenu pendant deux heures à deux heures et demie à la température rouge faible, puis chauffé jusqu'à la fusion du mélange. Si l'alliage contient de grandes quantités d'or, il se sépare un argent aurifère riche, tandis qu'il ne reste qu'une très petite quantité d'or dans le plagma. Si, au contraire, l'alliage est très pauvre en or, la séparation ne se produit pas du tout ou seulement d'une manière incomplète. Pour provoquer cette séparation, on répand sur la masse fondue de la litharge (30 à 45 grammes par kilogramme d'argent), dont l'oxygène transforme le soufre d'une partie du sulfure d'argent en acide sulfureux, tandis que la quantité équivalente de l'argent devenue libre se précipite avec la plus grande partie de l'or. Le plomb réduit fond avec les sulfures métalliques. »

2° SÉPARATION DE L'OR PAR LE SULFURE D'ANTIMOINE.

L'alliage d'or et d'argent, qui peut contenir du cuivre, doit être au moins à 50 pour 100 d'or (1). On le fait fondre dans un creuset de graphite, et on y ajoute un poids double de sulfure d'antimoine en poudre. Lorsque toute la masse est fondue, on la coule dans une lingotière de fonte graissée intérieurement avec de l'huile. Après refroidissement, on la trouve séparée en deux couches ; la partie supérieure, ou *plagma*, est formée de sulfure d'argent, de sulfure de cuivre et de sulfure d'antimoine ; la partie inférieure est de l'or antimonié (*régule*). Cependant le plagma retient encore un peu d'or, et il faut répéter le traitement pour éliminer complètement ce métal. Quant au régule, il doit être débarrassé de l'antimoine ; on obtient ce résultat en le chauffant dans un moufle ou sous le vent de la tuyère ; l'antimoine se sépare sous forme de fumées d'oxyde ; l'or qui reste inaltéré est purifié par fusion avec du borax, du salpêtre et de la poudre de verre.

Ce traitement assez imparfait ne diffère pas notablement de celui décrit par Savot.

3° SÉPARATION DE L'OR PAR LA CÉMENTATION (CÉMENT ROYAL).

On prépare un mélange pulvérisé formé de quatre parties de brique pilée, d'une partie de sel marin, et d'une partie de sulfate de fer calciné (2). D'autre part, on réduit l'or argentifère en grenaille fine ou en feuilles minces, et on dispose dans un creuset des couches alternatives d'or et du mélange. On expose

(1) Berzelius (*Traité de chimie*, t. II, 396, 1846) donne comme limite le titre de 665 millièmes d'or; si le titre est inférieur, il faut ajouter un peu de soufre au sulfure d'antimoine.
(2) C'est à peu près le mélange donné par Pline.

le tout pendant seize à dix-huit heures à la température du rouge. Les vapeurs d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique qui se forment attaquent les métaux alliés à l'or, notamment l'argent, et la brique pilée absorbe le chlorure d'argent et s'oppose à la fusion de la masse. Après le refroidissement, on fait bouillir la masse avec l'eau et on sépare par l'évaporation l'or purifié.

Il arrive fréquemment que la première cémentation ne suffit pas pour enlever tout l'argent, surtout lorsque l'or n'est pas en grains très fins; dans ce cas on la répète, en grenaillant de nouveau le métal. Quelquefois, on remplace dans cette seconde opération le sel marin par le salpêtre. C'est alors l'acide nitrique qui attaque les métaux étrangers.

4° AFFINAGE PAR L'ACIDE AZOTIQUE.

On le désigne quelquefois sous le nom d'*inquartation*, ou de *départ pour l'or*.

Déjà le procédé de séparation par cémentation revient à attaquer les métaux étrangers par les acides sulfurique, chlorhydrique ou azotique ; c'est donc en réalité un affinage par les acides.

Aussi, dès que l'on connut la préparation de l'acide azotique (1) et ses propriétés, on constata qu'il était sans action sur l'or, tandis qu'il attaquait les autres métaux, et l'on dut songer à l'utiliser pour la séparation de l'or.

Cependant il ne paraît pas probable qu'on ait employé dans ce but l'acide azotique avant le milieu du quatorzième siècle, sous le règne de Philippe de Valois (2). Plusieurs auteurs pensent même, d'après une ordonnance de François Ier, de 1540, que ce moyen n'aurait commencé à être généralement en usage que vers le commencement du seizième siècle. Le prix élevé de l'eau-forte, dont les Vénitiens avaient le monopole, était sans doute un obstacle à son emploi.

D'après Hoefer (3), l'emploi de l'eau-forte pour *départir* (séparer) l'or de l'argent fut introduit à la Monnaie de Paris sous le règne de François Ier. Des auteurs presque contemporains (Budé, Savot, etc.) racontent que Cointe tenait cette opération d'abord secrète, et qu'il la croyait ou feignait de la croire très dangereuse ; car il disait « que la fumée d'icelle estoit fort pernicieuse à la santé, de sorte qu'il y faisoit travailler par un serviteur, lui n'y prenant garde que de loin (4) ».

Cointe et son fils gagnèrent une fortune considérable. Une ordonnance de François Ier, datée de Blois, le 19 mars 1540, porte (art. XLIV) que « les gages des essayeurs de la Monnaie seront augmentés de moitié, pour raison de ce départ avec l'eau-forte (5) ».

(1) Découverte attribuée à Geber (huitième siècle).
(2) D'après Girardin (*Chimie élémentaire*. t. II, p. 644), un Génois, Dominique Honesti, obtint, le 18 septembre 1403, l'autorisation de former à Paris un établissement pour *départir* l'or et l'argent au moyen de l'eau-forte.
(3) *Histoire de la chimie*, t. II, p. 65.
(4) Savot, *Traité de métallurgie*, chap. VI, p. 73.
(5) Aujourd'hui encore les usines d'affinage par les acides azotique et sulfurique sont

Quelques années plus tard, l'usage de l'eau-forte se répandit à tel point et ses propriétés dissolvantes furent si bien connues, que l'on s'en servait frauduleusement pour *laver* des pièces d'argent, et en 1561 il fallut rendre une ordonnance pour prohiber cette industrie illicite.

On savait déjà à cette époque dans quelles limites la méthode du traitement par l'eau-forte de l'or argentifère était praticable. Ainsi on n'ignorait pas que si dans un alliage il y a beaucoup plus d'or que d'argent, l'eau-forte n'agira aucunement, et qu'il faut qu'il y ait au moins deux tiers d'argent pour un tiers d'or. Les proportions les meilleures, que l'on devait réaliser, correspondaient, comme aujourd'hui, à trois parties d'argent pour une partie d'or, de manière que le poids de l'or fût seulement le *quart* du poids total de l'alliage. De là les expressions d'*inquarter* et d'*inquartation*. Dans son ouvrage intitulé *Pyrotechnie*, le métallurgiste italien Vanucio Biringuccio, contemporain d'Agricola (seizième siècle), décrit très exactement ces opérations. L'alliage obtenu était ensuite attaqué par l'eau-forte ; on séparait l'or insoluble, et, dans la liqueur, l'argent était précipité par une pièce de cuivre, « qui a cette propriété particulière de tirer à soi tout l'argent qui estoit dissous dans l'eau-forte ; s'il y a du cuivre dissous dans l'eau-forte, on l'en retire au moyen du fer, de même que l'argent s'en retire par le moyen du cuivre (1) ».

L'or argentifère que l'on doit affiner contenant en général du cuivre doit être préalablement séparé de ce dernier métal. En outre, il doit être amené à un titre déterminé, car un alliage trop riche en or ne serait pas attaqué par l'acide azotique. L'affinage sera donc nécessairement précédé de plusieurs opérations préliminaires.

On commence par déterminer approximativement le titre de l'or argentifère, au moyen de la pierre de touche, en comparant la trace laissée sur cette pierre par l'alliage avec celles que donnent des alliages en proportions connues. D'après ces indications, on ajoute à l'or argentifère un poids d'argent tel que le rapport nouveau de l'argent à l'or soit au moins de 3 à 1.

D'ailleurs, ce rapport a beaucoup varié ; Berzelius, dans son *Traité de chimie* (2), indiquait 7 à 1, tandis que les travaux plus récents de Pettenkofer ont montré qu'une quantité d'argent double de celle de l'or (rapport 2 à 1) était suffisante pour que l'on puisse dissoudre l'argent d'un alliage d'or, par une ébullition suffisamment prolongée et en employant de l'acide azotique un peu plus concentré.

Quel que soit le rapport adopté, l'addition d'argent est calculée de manière que l'alliage soit amené au titre que l'on désire obtenir, puis on ajoute trois ou quatre fois autant de plomb que pèse la masse totale. Le tout est traité par la coupellation.

Cette opération préliminaire qui a pour but d'éliminer le cuivre et les métaux autres que l'or et l'argent fournit un or argentifère dont la composition cor-

considérées comme établissements insalubres, et des précautions spéciales doivent y être prises pour éviter l'action nuisible des vapeurs qui se produisent.

(1) Savot, *Traité de métallurgie*, chap. VI, p. 74, d'après Hoefer, auquel nous empruntons la plupart de ces données historiques.

(2) T. II, p. 395 (1846).

respond précisément au rapport adopté (3 à 1, ou 7 à 1, ou 2 à 1). Cet alliage est alors ou bien réduit en grenaille ou bien laminé, et traité par l'acide azotique dans un vase de platine.

L'acide que l'on emploie au début doit être très étendu, et bien exempt d'acide nitreux et d'acide chlorhydrique, pour que l'or ne soit pas attaqué. On chauffe légèrement; l'argent se dissout peu à peu et l'azotate d'argent sature la liqueur. Lorsque la réaction s'arrête, on décante et on remplace l'acide étendu par de l'acide plus concentré, mais également pur; on fait alors bouillir la liqueur pour dissoudre complètement l'argent. L'or qui est resté insoluble est lavé et séché; on le fait fondre dans un creuset avec du borax et du salpêtre.

Quant à l'argent, on le retrouve dans la dissolution azotique, et on le sépare par précipitation au moyen du cuivre ou du zinc.

Dans l'attaque par l'acide azotique, on peut, à la rigueur, remplacer les vases de platine par des vases en grès ou des cornues de verre lutées et chauffées au bain de sable.

L'inquartation était autrefois employée dans tous les hôtels monétaires, et cette opération était une des prérogatives de la couronne. Divers édits de 1689, 1692, 1721, 1757, réglementaient les opérations de l'affinage, qui ne pouvait être pratiqué qu'en présence et sous l'inspection des officiers des hôtels monétaires. Cet état de choses dura jusqu'au moment où la loi du 19 brumaire an VI supprima la ferme des affinages et rendit libre l'exercice de cette profession (1).

Les inconvénients de cette méthode tiennent surtout à son imperfection; il est rare d'obtenir de l'or dont le titre soit supérieur à 993 ou 994 millièmes. En outre, on lui reproche le prix relativement élevé de l'acide azotique, les pertes inévitables de ce composé, surtout pendant la seconde partie de l'opération, lorsqu'on chauffe jusqu'à l'ébullition (2), et aussi le dégagement des vapeurs nitreuses qui se produisent pendant l'attaque et qu'il est difficile de condenser.

Aussi la plupart des usines qui avaient adopté le départ par l'acide azotique ont-elles peu à peu renoncé à ce traitement, lorsque l'affinage par l'acide sulfurique fut imaginé par Dizé, en 1820. Nous verrons cependant qu'il présente des avantages dans certains cas particuliers, ce qui fait qu'il n'est pas complètement abandonné.

5° AFFINAGE PAR L'ACIDE SULFURIQUE.

Dans son grand traité de métallurgie intitulé : *De re metallica*, Agricola indique déjà l'emploi du vitriol vert (sulfate de fer) et mieux de l'huile de vitriol (acide sulfurique), pour séparer l'or de l'argent et dissoudre ce dernier métal (3).

Cependant cette réaction n'est réellement entrée dans la pratique de l'in-

(1) Bouis, *Dictionnaire de chimie* de Wurtz, t. I, p. 68.
(2) Le coût relativement considérable de ce traitement a pour conséquence l'élévation des tarifs; aussi ne peut-on, avec l'acide azotique, affiner avec avantage des lingots contenant moins de 2 à 3 millièmes d'or.
(3) *De re metallica*, liv. X (1556).

dustrie de l'affinage qu'à la suite des recherches de Dizé, qui datent de 1820, et des premiers essais de Serbat, essayeur à la Monnaie de Paris, qui, en 1825, fit adopter ce procédé.

Il présente sur le précédent le très grand avantage d'être d'un prix moins élevé ; il en résulte qu'une très grande quantité d'ors argentifères, peu riche en or, que l'on était antérieurement obligé de laisser dans la circulation sans tenir compte de la valeur de l'or, peuvent être utilement traités. Cet avantage est d'autant plus précieux que les alliages soumis à l'affinage sont presque toujours faiblement aurifères. Aussi l'adoption de cette méthode a-t-elle permis à cette branche de l'industrie métallurgique de prendre un développement considérable.

L'affinage par l'acide sulfurique repose sur deux réactions chimiques très simples :

1° L'acide sulfurique concentré et chaud transforme l'argent et le cuivre en sulfates solubles, sans attaquer l'or, conformément à l'équation :

$$AuAgCu + 4(SO^3.HO) = Au + CuO.SO^3 + AgO.SO^3 + 2SO^2 + 4HO.$$

2° Des lames de cuivre, plongées dans le sulfate d'argent, déplacent ce métal, et donnent une dissolution de sulfate de cuivre.

Ces réactions se produisent même, quelle que soit la composition de l'alliage cupro-auro-argentifère, au moins dans les expériences de laboratoire.

Cependant, lorsqu'on entreprend le traitement industriel, on remarque qu'il n'est possible qu'à la condition que les proportions des trois métaux soient comprises entre certaines limites. Ainsi, si l'alliage renferme trop d'or, tout l'argent n'est pas attaqué, ou du moins les dernières traces ne sont éliminées qu'à une température trop élevée pour que l'affinage reste industriellement possible ; de même, s'il contient trop de cuivre, il se produit des quantités énormes de sulfate de cuivre qui est très peu soluble dans l'acide sulfurique concentré, et difficile à séparer.

Sur ce point l'expérience a appris que l'alliage le plus facile à affiner doit contenir de 800 à 950 millièmes d'argent, le reste étant formé de cuivre et d'or. D'après Pettenkofer, les résultats les plus avantageux s'obtiennent lorsque sur 1000 parties on a de 190 à 250 d'or et 100 de cuivre. D'autres auteurs indiquent 725 d'argent, 200 d'or et 75 de cuivre. On peut, d'ailleurs, s'écarter un peu de ces proportions, mais on doit prendre comme maximum pour l'or 200 à 250 millièmes et pour le cuivre 100 millièmes.

On doit donc, avant toute opération d'affinage, déterminer à peu près la composition de l'alliage, ce qui se fait soit au moyen de la pierre de touche, soit en ayant recours à un des procédés d'analyse chimique de ces substances. Puis, dans le cas où on s'écarterait trop des proportions indiquées plus haut, il faudrait modifier la composition de l'alliage.

On peut atteindre ce but lorsqu'il y a trop de cuivre, par exemple lorsque l'argent ne dépasse pas 200 à 300 millièmes, en grillant l'alliage au rouge sombre dans des fours particuliers, après l'avoir réduit en grenailles fines. On traite ensuite par

l'acide sulfurique très étendu qui ne dissout que l'oxyde de cuivre; le résidu métallique insoluble est ainsi amené au titre de 700 à 800 millièmes d'argent, et prêt pour l'affinage. Autrefois, on obtenait le même résultat en fondant les alliages pauvres en argent et trop riches en cuivre avec du salpêtre, et on donnait à cette opération le nom de *poussée*.

Lorsque la matière est amenée au titre voulu, on la réduit en grenailles, en projetant la masse fondue dans des tonneaux remplis d'eau froide, au fond desquels se trouvent des vases en cuivre. Cependant certains affineurs préfèrent ne pas grenailler l'alliage, et traitent directement des lingots du poids de 30 à 35 kilogrammes.

Autrefois, l'attaque par l'acide sulfurique se faisait dans des vases de platine, avec un poids d'acide égal à 2 fois ou 2 fois et demie celui du métal, et un acide de densité égale à 1,848. On a peu à peu renoncé aux vases de platine et on leur a substitué des chaudières en fonte; on peut alors opérer indifféremment sur des grenailles ou sur des lingots d'argent, et affiner chaque fois une quantité d'argent aurifère s'élevant à 200 et même 300 kilogrammes. Comme, d'ailleurs, l'altération des vases en fonte est moins à craindre que celle du platine, on peut employer des acides moins purs; en outre, l'expérience a appris qu'en faisant usage de ces vases la dissolution des lingots exige une quantité d'acide un peu plus faible, environ 2 fois le poids d'alliage, au lieu de 2 fois et demie.

L'opération dure de trois à quatre heures, quelquefois davantage, l'acide étant porté à peu près à l'ébullition. On juge qu'elle est terminée lorsque l'effervescence cesse et que l'acide sulfurique commence à distiller en abondance.

Pendant cette attaque, il se produit beaucoup d'acide sulfureux que l'on perdait au début, et des vapeurs d'acide sulfurique. Aujourd'hui, on recueille soigneusement ces vapeurs en recouvrant les chaudières d'un chapiteau en tôle plombée auquel s'adapte un tuyau de plomb. Dans la plupart des usines, les vapeurs acides sont conduites au moyen de ce tuyau dans des chambres de plomb de petite dimension; l'acide sulfurique entraîné s'y condense, et l'acide sulfureux y est transformé en acide sulfurique par les procédés ordinaires. On peut aussi utiliser les gaz pour la préparation des sulfites et des hyposulfites.

Lorsque la dissolution est terminée, on introduit dans la chaudière une petite quantité d'acide sulfurique plus étendu, à 58 degrés, provenant de la concentration des eaux acides du sulfate de cuivre, et on fait bouillir pendant quelques instants. Cette addition a pour but d'augmenter la solubilité du sulfate de cuivre et du sulfate d'argent formés. A ce moment, on éteint le feu, et on abandonne au repos pendant une demi-heure. L'or se précipite. On décante la liqueur, qui contient les deux sulfates, dans des chaudières en plomb, et on l'étend d'eau jusqu'à ce qu'elle marque environ 20 à 25 degrés Baumé.

A partir de ce moment, on traite séparément le résidu d'or et la dissolution des deux sulfates.

La dissolution, maintenue dans les chaudières en plomb, est chauffée à 100 degrés, dans ces chaudières mêmes, au moyen de tubes intérieurs en plomb dans lesquels circule un courant de vapeur d'eau. On y plonge des lames de

cuivre (1). L'argent se précipite sous la forme de petits cristaux blancs ou gris, désignés sous le nom de *chaux d'argent* par les ouvriers, forme des dépôts spongieux sur les lames de cuivre et au fond du vase. En même temps, il se produit du sulfate de cuivre qui reste dissous. On prolonge le contact du cuivre jusqu'à ce que l'on reconnaisse, au moyen du chlorure de sodium, que la liqueur ne contient plus d'argent. Dans beaucoup d'usines, on reçoit alors les eaux dans des citernes garnies de plomb, et on les abandonne au repos pendant plusieurs jours, en présence de quelques lames de cuivre, afin de précipiter les dernières traces d'argent.

La chaux d'argent est recueillie, lavée, desséchée dans une chaudière en fonte, sur un feu de coke, puis comprimée à la presse hydraulique. On en forme ainsi des espèces de lingots qui acquièrent par la pression l'éclat et la cohésion des lingots d'argent pur, mais qui retiennent encore de 8 à 10 pour 100 d'eau. On les chauffe graduellement avant de les fondre, afin que les creusets n'éclatent pas, et on coule ensuite l'argent en lingot.

La fusion de la chaux d'argent est toujours une des opérations les plus délicates de ce traitement. On doit employer (2) des creusets de terre de Picardie, très légers et réfractaires; ils n'éclatent presque jamais, et peuvent contenir de 70 à 90 kilogrammes d'argent. Leur prix varie de 40 à 60 centimes. Leur paroi très mince permet de les porter rapidement au rouge. On évalue à 15 centimes tout au plus la dépense et la perte occasionnée par la fusion et la mise en lingot d'un kilogramme d'argent. Le conduit horizontal qui communique des fourneaux de fusion à la cheminée de l'usine doit présenter un développement considérable, afin que l'argent entraîné par l'air ou volatilisé puisse se condenser.

L'argent ainsi obtenu ne contient plus que des traces d'or tout à fait inappréciables, mais il retient toujours un peu de cuivre, au moins de 3 à 4 millièmes, et quelquefois de 5 à 6 millièmes. Son titre varie donc de 994 à 997.

Quant à la dissolution de sulfate de cuivre qu'on obtient après séparation complète de la chaux d'argent, elle contient non seulement le cuivre qui faisait partie de l'alliage primitif, mais aussi celui qui a remplacé l'argent aux dépens des plaques de cuivre. Cette liqueur est fortement acide. Pour en retirer le sulfate de cuivre, on l'évapore dans des chaudières de plomb, jusqu'à ce qu'elle marque environ 40 degrés à l'aréomètre Baumé. Il se dépose par refroidissement de petits cristaux confus d'un sel bleu pâle, qui est du sulfate de cuivre en partie anhydre. L'eau mère fournit encore après deux ou trois évaporations successives de nouvelles quantités de ce sel; il reste finalement un liquide coloré, marquant 52 degrés Baumé, qui ne contient à peu près plus que de l'acide sulfurique aqueux, et qui rentre dans la fabrication. Les évaporations se font toujours dans des chaudières doublées intérieurement de plomb.

Le produit brut ainsi obtenu doit être redissous dans l'eau et la liqueur de nouveau évaporée. Lorsqu'elle marque 42 degrés Baumé, elle laisse déposer de beaux cristaux bleus de sulfate de cuivre hydraté, à peu près purs. C'est le *vitriol bleu* du commerce.

(1) On utilise pour cette opération les feuilles de cuivre ayant servi au doublage des navires.
(2) Pelouze et Fremy, *Traité de chimie*, t. III, p. 1235 (1865).

On observe quelquefois la formation d'une poudre rouge qui est formée du sulfite de protoxyde et de bioxyde de cuivre.

Le troisième produit de l'affinage est de l'or brut, ordinairement pulvérulent, toujours souillé de quelques impuretés, qui restent au fond des premières chaudières après décantation du liquide acide. Le plus souvent on le purifie en le traitant à deux reprises par l'acide sulfurique à 58 degrés. Dans quelques usines, on le soumet à l'action du carbonate de soude dissous, puis de l'acide azotique, pour éliminer l'oxyde de fer, le sulfure de mercure et le sulfate de plomb qui s'y trouvent toujours mélangés. Si l'on désirait une purification plus complète, il faudrait le traiter par l'inquartation, c'est-à-dire l'allier avec trois fois son poids d'argent, et faire agir l'acide azotique bouillant. Dans tous les cas, l'or est lavé à l'eau chaude à plusieurs reprises (1), puis fondu avec un peu de salpêtre et coulé en lingots.

Telle est la marche ordinaire dans la plupart des usines d'affinage. Cependant bien souvent on introduit des modifications.

Indiquons rapidement les plus importantes.

Il peut arriver que la première liqueur sulfurique obtenue soit trouble et laisse au fond des chaudières ou des vases de décantation des dépôts considérables de sulfates d'argent et de cuivre mêlés à de l'or très divisé. Cet inconvénient se présente surtout pour les alliages à bas titre. Ces dépôts sont alors délayés dans de l'eau et versés dans une chaudière où l'on précipite l'argent par le cuivre à la manière ordinaire ; on lave le dépôt, et on le traite de nouveau par l'acide sulfurique. En un mot, on considère la première attaque seulement comme un moyen d'enrichir l'alliage trop pauvre ; nous avons vu qu'on arrivait au même résultat, en oxydant une partie du cuivre, avant l'attaque par l'acide concentré.

Dans quelques usines, on a voulu remplacer le cuivre par le fer dans la précipitation de l'argent ; cependant l'usage des lames de cuivre a prévalu, malgré leur prix élevé. Si l'on préférait employer le fer, il faudrait recueillir le sulfate d'argent, le délayer dans l'eau, et y ajouter juste assez de fer pour précipiter tout l'argent et laisser le cuivre dissous. C'est le point délicat de ce traitement. L'argent ainsi isolé contient bien quelques métaux introduits par le fer, mais ces impuretés passent dans les scories pendant la fusion, et l'argent obtenu en lingot est plus pur que par l'autre procédé.

On a aussi proposé de précipiter, après séparation de l'or, l'argent du sulfate au moyen du sulfate de protoxyde de fer qui passe ainsi à l'état de sulfate de sesquioxyde. Ce dernier est alors laissé en contact avec des fragments de tôle qui le transforment de nouveau en sulfate de protoxyde, lequel peut servir de nouveau pour la précipitation d'une nouvelle dose d'argent.

La plupart de ces modifications ne changent que très peu la marche que nous avons indiquée.

L'argent obtenu dans les usines d'affinage ne contient plus d'or, mais il est encore allié à quelques millièmes de cuivre. Une bonne fabrication doit livrer

(1) On utilise une partie de cette poussière d'or très fine à cet état. Les doreurs sur porcelaine s'en servent pour leur industrie; on la désigne sous le nom d'*or en chaux*.

des lingots au titre de 996 à 998 millièmes. Dans beaucoup de cas, il contient en outre de traces de sélénium, qui provient de l'acide sulfurique employé. Cette impureté donne à l'argent des qualités fâcheuses ; les lames et les lingots sont aigres et les surfaces sont recouvertes de pointes grisâtres que le polissage fait difficilement disparaître. On peut sans doute enlever à l'argent ces traces de sélénium en le faisant fondre dans une atmosphère oxydante ou en présence du salpêtre ou du nitrate de soude. Cependant, comme ce traitement est toujours long et occasionne quelques pertes, on préfère généralement employer de l'acide sulfurique dit *au soufre* pour le traitement de l'affinage, les acides préparés au moyen des pyrites contenant constamment du sélénium.

L'argent ne retient jamais de platine, quand bien même il s'en trouverait un peu dans l'alliage primitif, ce métal étant aussi insoluble que l'or dans l'acide sulfurique concentré et chaud. Il en serait autrement si l'on employait le départ par l'acide azotique, qui dissout le platine lorsqu'il n'y en a que des traces.

L'or d'affinage est souvent, après fusion, à 998 ou 999 millièmes. Le reste est formé par des traces d'argent.

Cependant, lorsqu'on affine des alliages contenant du platine, ce qui arrive actuellement dans le traitement des déchets de la bijouterie, qui emploie d'assez grandes quantités de ce métal, le platine est retenu par l'or affiné. D'après Debray, les lingots d'or du commerce parisien contiennent, pour cette raison, au moins de 4 à 5 millièmes de platine, et il est à craindre que cette proportion n'augmente dans les usines qui traitent de préférence les déchets d'orfèvrerie.

Si l'on voulait de l'or tout à fait exempt de platine, il faudrait avoir recours à l'ancien procédé, plus coûteux, du départ par l'acide azotique. Mais, dans ce cas, c'est l'argent d'affinage qui pourrait retenir un peu de platine, bien qu'en plus faible proportion.

Les affineurs distinguent les alliages d'or, argent et cuivre à moins de 100 millièmes d'or, qu'ils appellent *doré*, des alliages plus riches désignés sous le nom d'*or*. Les conditions du traitement sont différentes suivant que le lingot se trouve dans l'une ou l'autre de ces deux catégories.

Un tarif officiel, basé sur cette distinction, fixe les droits que doivent acquitter les particuliers qui apportent à l'administration des monnaies des lingots aurifères pour l'affinage (1). Dans l'industrie, ces droits sont discutés avec l'affineur, et varient un peu d'une usine à l'autre. On peut cependant admettre que l'affinage de 1 kilogramme d'argent revient à l'affineur à 0 fr. 90 ou 1 franc. En général, les affineurs demandent environ 1 fr. 35, et gardent en outre tout le cuivre de l'alliage.

C'est à l'usine de Belleville que Lebel a installé pour la première fois, vers 1825, l'industrie de l'affinage. Depuis cette époque l'argent aurifère qui a été soumis à ce traitement peut être évalué à plus de dix milliards. D'après des renseignements qui datent de dix ans, les nombreuses usines de Paris et des environs livrent annuellement pour plus de 200 millions de francs de métaux

(1) Ce tarif est établi par les ordonnances des 15 octobre et 1er novembre 1828, mais il est beaucoup plus élevé que celui des affineurs.

précieux à la Banque de France, à l'administration des monnaies et au commerce. Pendant quelques années, cette valeur a été double.

La perfection des procédés et des installations industrielles est telle que l'on peut affiner avec avantage des alliages d'argent et de cuivre qui ne contiennent que 4 décigrammes d'or par kilogramme, c'est-à-dire moins d'un 1/2 millième. Les anciennes monnaies d'argent, notamment les vieux écus de trois et de six livres, et les plus anciennes pièces de 5 francs, ont été traitées ainsi pour isoler des traces d'or ; elles contenaient 1, 2, et même quelquefois 3 millièmes d'or. On a ainsi retiré des écus de 6 livres environ 17 francs d'or pour une somme de 1000 francs de cette monnaie.

D'après H. Boucheron (1), les bénéfices faits par les affineurs de Paris pendant les premières années furent considérables. Toutes les pièces d'argent de 5 francs antérieures à 1825 renfermant environ 1 millième d'or qu'on y avait laissé faute de savoir le séparer, les affineurs, dont l'industrie était libre, rachetèrent peu à peu toutes ces pièces pour les traiter. Chaque million de francs d'argent affiné donnait un bénéfice net de 8000 francs ; on estimait alors la valeur totale de l'or à extraire par ce procédé à 1600 millions de francs. A la tribune de la Chambre des députés, Thénard, dénonçant cette refonte illégale, déclarait connaître un affineur qui, dans une seule année, avait affiné pour 60 millions de francs d'argent et réalisé de ce fait un bénéfice de 480 000 francs.

Aujourd'hui, on affine encore avec grand avantage les lingots d'argent qui viennent de certaines exploitations américaines, ceux qui arrivent de Chine et de Cochinchine, ainsi que les piastres du Mexique et du Pérou. Par ces opérations, l'industrie de l'affinage a accru la fortune publique de plusieurs centaines de millions. Cette somme est représentée par la valeur de l'or isolé, déduction faite des pertes inévitables des métaux précieux, et des frais du traitement.

Enfin, l'affinage porte sur tous les déchets de la bijouterie et de l'orfèvrerie, et permet de faire rentrer dans l'industrie avec leur valeur propre, et à l'état de pureté, les métaux précieux qui constituent ces déchets.

6° AFFINAGE PAR LE CHLORE.

Cette méthode est d'une application beaucoup moins générale ; on n'y a recours que dans quelques cas particuliers.

Certains lingots d'or fin d'Australie contiennent des traces de plomb et d'arsenic, en même temps qu'un peu de cuivre et d'argent. Ces lingots ayant été employés pour la fabrication des monnaies, à Londres et à Paris, on constata que leur alliage se travaillait sans difficulté, mais devenait cassant quand il avait subi la compression énorme du balancier qui donne à la pièce son empreinte. Il était donc impossible de confier ces monnaies à la circulation. Cette fâcheuse propriété, que rien ne faisait prévoir dans les opérations préliminaires, est due à la présence du plomb et de l'arsenic. Afin d'éviter les frais

(1) *Grande Encyclopédie*, art. AFFINAGE, t. I, p. 688.

d'un nouvel affinage par l'acide sulfurique, on a proposé de traiter cet or impur par le gaz chlore, à la température de la fusion du métal. Aujourd'hui, ce procédé est employé en grand aux Monnaies de Londres, de Melbourne, de Sydney et de Philadelphie (1).

L'or étant maintenu fondu dans des creusets, on y fait passer un courant de chlore au moyen d'un tube de porcelaine qui plonge de 1 à 2 centimètres dans le liquide, que l'on recouvre ordinairement d'une couche de borax. Pendant cette opération, l'arsenic, l'étain et l'antimoine donnent des chlorures volatils qui sont éliminés, tandis que l'argent, le cuivre et le plomb se transforment en chlorures fondus peu volatils qui se séparent à la surface de l'or. Le chlorure d'argent est ensuite réduit à l'état d'éponge métallique par le fer. On peut affiner ainsi, en quelques minutes, 100 à 200 kilogrammes d'or à haut titre, avec une très petite quantité de chlore.

R. Wagner (2) a proposé de remplacer, pour ce traitement, le chlore par le brome. Le brome attaque l'or, mais le bromure produit se décompose par la chaleur en brome libre et or métallique, de sorte que la réaction chimique est la même qu'avec le chlore.

L'affinage par le chlore n'est employé que pour les lingots d'or à haut titre. Il a été imaginé par F.-B. Miller, de Sydney (3).

(1) Voy. Heurteau, *Ann. mines*, 1875, 2e livr., p. 208.
(2) *Chimie industrielle* de Wagner et Gautier, t. I, p. 231.
(3) Pour les détails de cette industrie, consulter Percy, *Silver and Gold*, t. I, p. 402 à 437.

CHAPITRE II

ALLIAGES D'ORFÈVRERIE

L'habitude de se parer de bijoux, faits de métaux précieux, est sans doute aussi ancienne que le monde. Elle est née de ce penchant invincible qui porte l'homme à rechercher tout ce qui peut contribuer à orner et à faire remarquer sa personne, et aussi de cette observation qu'un petit nombre de métaux, l'or, l'argent et le cuivre, se trouvent dans la nature à l'état natif et présentent des propriétés physiques qui ont dû fixer bien vite l'attention. Poussés par un instinct que les animaux eux-mêmes possèdent, vers tout ce qui brille, les hommes ont dû remarquer les couleurs brillantes de ces trois métaux, leur éclat métallique incomparable, leur rareté relative, et même leur grande densité, propriété mystérieuse donnant naturellement la conscience vague d'une valeur condensée et de propriétés spéciales. Ces remarques ont dû les porter de bonne heure à utiliser ces métaux pour la confection de leurs parures.

Cependant l'usage de l'argent ne paraît pas avoir été très répandu avant la civilisation romaine. Ce métal aurait même été complètement négligé avant les premiers siècles de l'âge du fer, et même, d'après Lucrèce, l'or et l'argent ont été pendant longtemps considérés dans un grand nombre d'applications comme inférieurs au cuivre. Celui-ci présentait, en effet, le très grand avantage d'une dureté plus considérable : « Les hommes, dit Lucrèce, auraient voulu employer l'or et l'argent comme ils avaient utilisé la grande résistance du solide cuivre. Mais leur résistance était insuffisante et ils ne pouvaient supporter également un dur travail ; aussi le cuivre fut-il en plus grande estime, et les autres métaux restèrent inutiles et dédaignés, parce qu'ils n'opposaient qu'une pointe facile à émousser. »

Néanmoins, l'or et l'argent natif, et les alliages de ces deux métaux entre eux, désignés sous le nom d'*électrum*, étaient fort employés à Rome, pour la confection de divers objets d'ornement, tels que statues, coupes, vaisselle, etc. L'électrum, d'après Pline, avait même des propriétés et des vertus particulières : « Il est dans la nature de l'électrum, nous dit Pline, de briller encore avec plus d'éclat que l'argent à la lumière des lampes. Celui qui est naturel décèle aussi le poison, car sur les coupes d'électrum des arcs semblables à l'arc-en-ciel vont se traçant de divers côtés avec le crépitement de la flamme, et par ce double signe donnent un pronostic. »

On sait aujourd'hui que la passion des parures et l'art de travailler les métaux précieux, dans le but de la satisfaire, étaient très répandus chez les anciens Égyptiens qui nous ont laissé à cet égard des documents précieux, chez les Chaldéens, les Phéniciens, les Étrusques et les Grecs. L'histoire des peuples

d'Orient, des Chinois, des Indous, des Persans, des Arabes, nous montre aussi que l'art de l'orfèvrerie et de la bijouterie y avait atteint une certaine perfection, et chez quelques-uns d'entre eux un cachet particulier d'originalité. Il en était de même encore chez les Mexicains et les Péruviens, qui, bien avant la conquête espagnole, jouissaient d'une civilisation relativement avancée, et étaient devenus fort habiles dans l'art de travailler les pierres précieuses et les métaux.

Lorsque, en 1519, Fernand Cortez aborda au Mexique, Montezuma lui envoya un grand nombre de présents, parmi lesquels on remarquait des médailles grandes et petites, en or et en argent, des armures d'or et d'argent, deux roues, de la dimension des roues de carrosse ordinaire, l'une d'or, dans laquelle était figuré le soleil avec des rayons, des feuillages et des animaux ; l'autre d'argent, représentant la lune. De même, la conquête du Pérou permit de constater la magnificence des palais des Incas, qui resplendissaient d'or et d'argent.

Il n'entre pas dans le plan de cet ouvrage de décrire la part qui revient à chaque peuple dans le développement de l'art de la bijouterie et de l'orfèvrerie, ni même de résumer l'histoire de la législation de ces deux branches importantes de l'industrie moderne. On trouvera l'étude de ces questions développée dans des traités spéciaux, et résumée dans la *Grande Encyclopédie* (1).

Mais le fait important que nous devons constater et retenir de l'examen de ces quelques événements historiques est que les métaux précieux employés par les peuples anciens pour la confection de leurs bijoux et de leurs monnaies étaient soit les métaux natifs, soit les métaux purifiés. L'argent, notamment, était employé au début tel qu'il se présentait dans les mines d'argent natif; plus tard on le purifiait autant que le permettaient les moyens imparfaits dont on disposait. Les objets ainsi fabriqués étaient donc en or ou en argent purs, ou à peu près, sans alliage.

L'idée d'allier les métaux précieux avec un peu de cuivre, dans le but de leur donner beaucoup plus de dureté, est relativement moderne. Elle fut imaginée d'abord dans l'intention frauduleuse de présenter des monnaies contenant une certaine quantité de cuivre et de leur attribuer la valeur des monnaies en or et en argent purs, de mêmes dimensions; puis, peu à peu, on constata que cette introduction du cuivre aurait certains avantages, puisqu'elle en diminuait l'usure en en augmentant la dureté, et on songea à la réglementer.

Nos lois actuelles fixent la composition de deux catégories d'alliages d'or et de cuivre et d'argent et de cuivre, ceux qui constituent les monnaies, et ceux qui servent à la fabrication des divers objets d'orfèvrerie en or et en argent. Elles laissent indéterminée la composition de quelques autres alliages plus rarement employés.

Nous désignerons sous le nom d'alliages d'orfèvrerie ou de bijouterie, en argent, tous les alliages dans la composition desquels entre l'argent, qui sont employés par la bijouterie, l'orfèvrerie et les industries diverses qui ont recours aux alliages d'argent, quelle que soit d'ailleurs la nature des métaux

(1) L. Knab, art. BIJOUTERIE, *Grande Encyclopédie*, t. I, p. 827.

unis à l'argent, et les proportions de ces métaux. Nous réserverons seulement pour le chapitre suivant l'étude des alliages d'argent et de cuivre qui servent à la fabrication des monnaies et médailles. Personne n'ignore que les orfèvres et les bijoutiers emploient des quantités considérables d'argent pour la confection des objets divers de bijouterie, de la vaisselle et des pièces d'argenterie. Ils fabriquent aussi un alliage spécial pour la soudure des pièces d'argenterie. Ces alliages sont formés uniquement d'argent et de cuivre.

En outre, les bijoutiers emploient l'argent pour former des alliages d'or et d'argent, d'argent et de palladium, d'argent, de platine et de cuivre.

On a aussi proposé l'emploi d'un alliage d'acier et d'argent, et l'on se sert de l'amalgame d'argent pour argenter certaines surfaces métalliques.

A l'exception de ce dernier alliage dont nous nous occuperons plus spécialement dans le chapitre V (*Argenture*), nous indiquerons la composition et les propriétés des autres alliages dans l'ordre suivant :

1° Alliage d'argent et de cuivre pour la vaisselle et l'argenterie;
2° Alliage d'argent et de cuivre pour la bijouterie;
3° Alliage d'argent et de cuivre pour la soudure des pièces d'argenterie;
4° Fixation, garantie et contrôle du titre de ces alliages;
5° Autres alliages d'argent.

1° *Alliage d'argent et de cuivre pour la vaisselle et l'argenterie.*

Dans la première partie de cet article (*l'Argent et ses composés*, partie théorique, p. 256 à 266), nous avons indiqué dans quelles circonstances l'argent pouvait s'allier au cuivre ; cette union peut se faire en toutes proportions, par fusion et mélange des deux métaux.

D'après les recherches de Levol (1) que nous avons résumées, un seul de ces alliages serait une véritable combinaison chimique; sa formule c'est Ag^3Cu^4, et sa composition correspondrait à 71,893 pour 100 d'argent, et 28,107 pour 100 de cuivre, ce qu'on exprime encore en disant que son *titre* est de 718,93 millièmes d'argent fin. C'est le seul qui soit à peu près homogène dans toute la masse, après solidification. Dans tous les autres, le titre est un peu plus élevé dans les parties inférieures, et un peu plus bas dans les portions voisines de la surface, par suite d'une liquation qui sépare les deux métaux par ordre de densité. Cet alliage Ag^3Cu^4 fond à 970 degrés.

D'après Matthiessen, il existe encore un autre composé défini, dont la formule serait $AgCu^2$ et le titre 630. Cependant un alliage de cette composition est peu homogène; il présente des phénomènes de liquation qui l'ont fait considérer par Levol comme un mélange. Il fond à 947 degrés.

D'ailleurs, les alliages d'argent et de cuivre que l'on emploie soit pour les objets d'orfèvrerie, soit pour la fabrication des monnaies et des médailles, ont une composition assez différente de Ag^3Cu^4 (719 millièmes) et de $AgCu^2$ (630 millièmes). La composition de ces alliages est déterminée par la loi du

(1) *Ann. de chim. et phys.* [3], t. XXXVI, p. 193 et suiv. (1852).

17 brumaire an VI relative à la surveillance du titre et à la perception des droits de garantie des matières et ouvrages d'or et d'argent.

Avant cette loi, le *titre*, c'est-à-dire la richesse en or ou en argent de ces alliages était apprécié en *carats* et en trente-deuxièmes de carat pour les matières d'or, et en *deniers* et *grains* pour les matières d'argent. Aujourd'hui, il est indiqué en *millièmes*, c'est-à-dire qu'un alliage d'argent au titre de 719 millièmes contient, sur 1000 parties, 719 parties d'argent fin, et 281 de cuivre.

Un carat correspond à 42 millièmes, douze carats à 1000 millièmes, et un trente-deuxième de carat à 1,3 millième. Quant aux deniers et grains qui servaient pour apprécier le titre des matières d'argent, on admettait les rapports indiqués dans le tableau suivant :

Conversions des deniers et grains en millièmes d'argent (1).

Grains.	Millièmes.	Grains.	Millièmes.	Deniers.	Millièmes.
1........	3	13........	45	1........	83
2........	7	14........	49	2........	167
3........	10	15........	52	3........	250
4........	14	16........	56	4........	333
5........	17	17........	59	5........	417
6........	21	18........	63	6........	500
7........	24	19........	66	7........	583
8........	28	20........	69	8........	667
9........	31	21........	72	9........	750
10........	35	22........	76	10........	833
11........	38	23........	80	11........	917
12........	42	24........	83	12........	1000

Ainsi les 1000 parties étaient divisées en 12 deniers dont chacun valait 83 millièmes, et le denier en 24 grains dont chacun représentait un peu plus de 3 millièmes.

Bien que l'usage subsiste encore, dans quelques départements français, de compter en deniers et en grains, il tend à disparaître et à être remplacé partout par les calculs décimaux et l'appréciation des titres au moyen des millièmes.

Nous avons vu précédemment (chap. Ier) que lorsque la loi fixe le titre d'un alliage, elle suppose que tout ce qui n'est pas de l'argent pur est du cuivre. Si donc l'alliage est un peu aurifère, cet or est compté comme cuivre et perd ainsi la presque totalité de sa valeur. De là l'utilité de l'*affinage*.

Le titre des alliages d'argent destinés à la vaisselle et à l'argenterie est de 950 millièmes. Il est quelquefois désigné sous le nom de *premier titre*. La formule chimique correspondante serait Ag^5,Cu^6. D'après Levol, cet alliage n'est pas fourni par un composé défini ; il présente une liquation assez marquée, mais plus faible cependant que la plupart des autres alliages usuels.

Son bel éclat et sa couleur d'un blanc pur ont déterminé son adoption pour

(1) *Annuaire du bureau des longitudes*, pour l'an 1888, p. 336.

la confection de ces objets. Sa grande richesse en argent le rend aussi moins oxydable à l'air que beaucoup d'autres alliages plus pauvres. Sa dureté est presque égale à celle des alliages des monnaies.

Comme il serait difficile d'obtenir rigoureusemeut le titre de 950 millièmes, surtout pour un alliage qui éprouve la liquation, la loi admet une *tolérance* de 5 millièmes en moins. Il en résulte que cet alliage doit contenir au moins 945 millièmes d'argent. Les expériences de Levol ayant montré que les plus grandes différences de titre possibles ne dépassent pas 2 millièmes, on voit que la tolérance accordée par la loi est suffisante.

Le titre de 950 millièmes équivaut à 11 deniers, 9 grains et 6 dixièmes de grains.

2° *Alliage d'argent et de cuivre pour la bijouterie.*

Pour la bijouterie, ou, comme l'on dit souvent, pour la *petite bijouterie,* la loi a créé un titre spécial qu'on appelle le *second titre.* Il est à 800 millièmes; il correspond à 9 deniers, 14 grains et 4 dixièmes de grain. La formule de cet alliage serait Ag^1,Cu^{18}, voisine de AgCu (773 millièmes).

D'après Levol, cet alliage est, comme le précédent, soumis à la liquation; ce n'est donc pas un composé défini. Les différences du titre d'une partie à l'autre peuvent atteindre 2 millièmes. La loi accorde aussi pour ce second titre une tolérance de 5 millièmes. Un objet d'argent au second titre sera donc admis et poinçonné comme tel s'il contient 795 millièmes d'argent fin.

Cet alliage doit être employé pour tous les objets de petite bijouterie destinés à être vendus en France.

En outre, une loi du 25 janvier 1884 a autorisé les fabricants d'ouvrages d'orfèvrerie, joaillerie, bijouterie, et de boîtes de montre, à fabriquer des objets d'agent à tous autres titres, mais à la condition expresse que ces objets seront exclusivement réservés à l'exportation. On les marque alors d'un poinçon spécial.

L'alliage à 800 millièmes a moins d'éclat, et une couleur moins franchement blanche que le précédent, à 950 millièmes. Il est aussi plus sensible à l'action oxydante de l'air, et peut se recouvrir de taches de *vert-de-gris* ou d'une couche mince de sulfure. La plupart des liquides, légèrement acides, qui servent à la préparation de nos aliments peuvent attaquer un peu cet alliage; aussi la loi a-t-elle prescrit le titre de 950 millièmes pour la fabrication de la vaisselle et de l'argenterie.

Comme les alliages à bas titre n'ont pas tout à fait l'éclat et la couleur de l'argent pur, on fait subir une opération particulière aux objets ainsi fabriqués, avant de les mettre en vente. On les chauffe d'abord au rouge sombre, puis on les traite par une dissolution bouillante de tartre et de sel marin, ou bien avec de l'acide sulfurique étendu additionné de quelques gouttes d'acide acétique; ces liqueurs dissolvent le cuivre de l'alliage à sa surface et y laissent de l'argent pur et mat qu'il suffit de polir. On arrive encore au même résultat au moyen de l'ammoniaque. Un traitement analogue donne aux alliages de cuivre

et d'or une couleur semblable à celle de l'or pur. On le désigne sous le nom de *mise en couleur* pour l'or et de *blanchiment* pour l'argent.

3° *Alliage d'argent et de cuivre pour la soudure des pièces d'argenterie.*

Cet alliage n'a pas une composition constante imposée par la loi. Il n'est soumis à aucun essai officiel et ne porte pas de poinçon spécial. Les fabricants le préparent suivant leur habitudes ou leurs besoins, de manière qu'il ait à peu près la composition des pièces à souder. Ils leur donnent cependant un titre un peu inférieur, soit par économie, soit pour augmenter la fusibilité de la soudure.

Le titre varie de 670 à 880 millièmes; l'alliage voisin de 670 étant plus spécialement employé pour la soudure des objets de petite bijouterie, et celui à 880 millièmes pour celle des matières au premier titre. On emploie aussi, pour souder les pièces d'argenterie, un alliage formé de 666,67 d'argent, 233,33 de cuivre et 100 de zinc.

4° *Fixation, garantie et contrôle du titre de ces alliages.*

Sauf pour l'alliage destiné à souder les pièces d'argenterie et de bijouterie, la loi a fixé le titre des alliages d'argent et de cuivre, et édicté un grand nombre de prescriptions destinées à garantir ce titre et à le contrôler.

Nous avons déjà indiqué que le titre des divers ouvrages d'or et d'argent avait été déterminé par la loi du 19 brumaire an VI (9 novembre 1797) ; elle a été complétée sur ce point par celles des 3-25 mai 1864 et du 25 janvier 1884.

Mais il ne suffisait pas de déterminer le titre des alliages, c'est-à-dire la richesse en argent fin des matières d'or et d'argent. Il est en effet presque impossible d'apprécier par la simple constatation de leurs propriétés extérieures le titre d'un alliage, d'autant plus que la plupart des objets travaillés sont soumis au *blanchiment* ou à la *mise en couleur* qui ont pour effet de les recouvrir d'une mince couche d'argent ou d'or pur, et de masquer ainsi les petites différences d'éclat ou de couleur que présenteraient les alliages de divers titres. Aussi pour éviter que les orfèvres ne trompent le public en introduisant trop de cuivre dans l'alliage, ou ne soient trompés eux-mêmes en achetant des matières d'or et d'argent à titre inférieur, la loi a établi des *bureaux de garantie* où chaque objet doit être essayé par des agents de l'État, avant d'être mis en vente; à la suite de cet essai, on imprime sur la surface de l'alliage façonné un poinçon particulier. On dit alors que l'objet est *contrôlé*, et sa valeur en est ainsi fixée proportionnellement à son poids.

Il y a en France soixante-sept bureaux de garantie. Le personnel de chaque bureau se compose d'un contrôleur et d'un receveur dépendant de la direction générale des contributions directes, et d'un essayeur placé sous les ordres immédiats de l'administration des monnaies. Il existe en outre sept bureaux de garantie en Algérie.

L'essayeur doit vérifier que l'objet qu'on soumet à son examen est bien fabriqué avec un alliage d'or ou d'argent, et que son titre réel est bien identique à celui qui est déclaré par le fabricant et qui doit être le titre légal. Dans ce cas, il le poinçonne, c'est-à-dire qu'il le munit d'une marque particulière indiquant le titre de l'alliage et pouvant faire foi dans le commerce ou les échanges. Dans le cas contraire, c'est-à-dire si l'objet est au-dessous du titre légal, on le brise, et on en rend les fragments à l'orfèvre.

On doit d'ailleurs, dans ces essais, tenir compte de la *tolérance* qui pour les matières d'argent est de 5 millièmes au-dessous des deux titres de 950 et 800 miliièmes. L'essayeur doit donc vérifier que l'objet contient en réalité au moins 945 millièmes d'argent fin pour le premier titre, et au moins 795 millièmes pour le second. Nous avons indiqué plus haut pourquoi cette tolérance était nécessaire et fait voir qu'elle était très suffisante. La loi n'a indiqué aucune tolérance *au-dessus* des titres légaux, parce que les orfèvres et les bijoutiers n'ont aucun intérêt à les dépasser et qu'ils surveillent la fabrication dans ce but. Il en résulte qu'un objet à 850 ou 900 millièmes réels devrait être poinçonné comme étant au second titre, c'est-à-dire à 800 millièmes, ou plutôt 795 millièmes, en tenant compte de la tolérance. Mais dans la pratique, ce cas ne se présente pas ; d'ailleurs l'orfèvre aurait toujours le droit de faire refondre l'objet avec un peu de cuivre même après le poinçonnage, si son intérêt le lui dicte. Les droits perçus aux bureaux de garantie se divisent en droits d'essai et droits de contrôle.

Le prix d'un essai d'or ou de *doré* est fixé à 3 francs et celui d'un essai d'argent à 80 centimes.

Les droits de contrôle, sont, depuis les prescriptions nouvelles de la loi du 30 mars 1872, de 30 francs par hectogramme d'or, et de 1 fr. 60 par hectogramme d'argent.

Nous indiquerons plus loin (chap. IV) par quels procédés les essayeurs déterminent le titre des alliages qui sont soumis à leur examen.

L'empreinte des poinçons dont ils marquent l'objet fabriqué diffère selon son titre et selon sa provenance ; elle porte en outre un signe particulier appelé *déférent*, qui indique le bureau de garantie qui a poinçonné l'objet. Chaque bureau a un déférent particulier.

Voici, d'après Fremy et Terreil (1), la description des poinçons de garantie des matières d'argent :

ORFÈVRERIE.

1er *titre*, pour Paris et les départements : poinçon *à 8 pans irréguliers*. — *Tête de Minerve* portant le chiffre 1 devant le front. — Le déférent est placé sous le menton. — Titre : 950 millièmes.

2e *titre*, Paris et les départements : poinçon *ovale coupé*. *Tête de Minerve* portant le chiffre 2 sous le menton. — Le déférent est placé devant le front. — Titre : 800 millièmes.

(1) *Guide du chimiste*, p. 76.

PETITE BIJOUTERIE.

Pour Paris : *tête de sanglier* dans un poinçon découpé. — Titre : 800 millièmes.

Pour les départements : *crabe* dans un poinçon découpé. — Le déférent entre les pattes inférieures. — Titre : 800 millièmes.

Objets étrangers au titre français, Paris et les départements : *gros ou petit charançon* dans un poinçon *ovale*. — Le déférent sous le ventre. — Titre : 800 millièmes environ.

Objets étrangers, objets d'art, etc., dont le titre inférieur ne permet pas l'application d'un autre poinçon, Paris et les départements : gros ou petit poinçon *rectangulaire* portant les lettres E. T. — Le déférent sous les lettres.

HORLOGERIE DE PROVENANCE ÉTRANGÈRE.

Paris et les départements : *chimère* dans un poinçon découpé. — Déférent entre l'aile et la croupe. — Titre approximatif : 800 millièmes.

OBJETS DESTINÉS A L'EXPORTATION.

Paris et les départements : *tête de Mercure*. — 1° Gros poinçon *à 8 pans*. — Déférent au-dessus de la tête. — 2° Petit poinçon découpé. — Déférent sur le cou. — Titre légal : 800 millièmes et au-dessous.

RECENSE.

Paris et les départements : 1° *tête de girafe* dans un poinçon découpé. — Déférent sous la mâchoire ; — 2° *tête de dogue* dans un poinçon découpé. — Déférent sur le collier. — Ces poinçons s'appliquent gratuitement, lors d'un changement de type, sur tous les ouvrages d'or et d'argent fabriqués et marqués.

5° *Autres alliages d'argent.*

Il ne s'agit ici que des alliages d'argent employés pour la confection des objets d'orfèvrerie et de bijouterie.

Nous avons déjà parlé du *doré*, alliage d'or, d'argent et de cuivre, contenant environ 10 pour 100 d'or et 20 à 30 pour 100 de cuivre.

Les alliages d'argent, de palladium et de cuivre sont employés en horlogerie ; ils possèdent une dureté très grande, et peuvent remplacer avantageusement les rubis. On a proposé récemment, pour la confection de certains organes de montre, les alliages suivants (1) :

	I.	II.
Palladium	72,0	72,0
Platine	0,5	0,5
Argent	6,5	7,0
Cuivre	18,5	18,5
Rhodium	1,0	»
Or	1,5	»
Nickel	»	2,0
	100,0	100,0

(1) *Revue scientifique*, 3e série, t. XIV, p. 383 (1887).

Les alliages d'argent et de palladium servent à la fabrication des échelles de thermomètre et de certains instruments de marine et d'astronomie; c'est sur une lame de cet alliage qu'on a tracé la division du grand cercle de l'Observatoire de Paris.

L'agent allié à l'acier donne un métal plus dur que le meilleur acier fondu. On a préparé des aciers damassés contenant seulement 2 millièmes d'argent.

L'alliage formé de 20 pour 100 d'étain et 80 d'argent est presque aussi dur que le bronze. Il est peu employé.

Depuis quelques années on utilise dans la bijouterie l'alliage de Mousset, désigné sous le nom de *tiers-argent*, qui, prétend-on, se compose de 1/3 d'argent et 2/3 de nickel, mais qui en réalité est formé de 27,53 pour 100 d'argent, 59 de cuivre, 9,57 de zinc et 3,42 de nickel. Le prix de cet alliage est de 90 francs le kilogramme. Les couverts et la vaisselle de table fabriqués avec ce tiers-argent ne laissent rien à désirer; il possède une dureté plus grande que l'argent, et peut être facilement ciselé (1).

Les alliages d'or et d'argent, avec ou sans addition de cuivre, sont très employés en orfèvrerie. Ils sont plus durs, plus élastiques et plus fusibles que l'or et l'argent purs. Les bijoutiers et les orfèvres donnent des noms spéciaux à plusieurs de ces alliages qu'ils ont l'habitude de travailler. Voici leur composition :

	Or.	Argent.	Cuivre.
Or jaune ou or pâle	708	292	»
Or vert	700	300	»
Électrum	800	200	»
Or de Nuremberg	55	55	890
Soudure pour objets d'or à 750 millièmes.	666,67	166,67	166,67

L'argent allié à l'or affaiblit beaucoup sa couleur. Par l'union d'objets d'or et d'argent à différents titres et d'alliages d'or et d'argent, les bijoutiers obtiennent de très beaux effets.

L'amalgame d'argent est employé en orfèvrerie pour argenter les surfaces métalliques ; nous y reviendrons dans le chapitre V, en traitant de l'argenture.

Nous réserverons aussi pour ce chapitre l'étude de la fabrication du *plaqué* et du *doublé*, ces matières pouvant être considérées comme formées de cuivre argenté à la surface.

Enfin, dans le chapitre VII (*Applications diverses*), nous signalerons la bijouterie en *vermeil* et les *nielles.*

(1) Wagner et Gautier, *Chimie industrielle*, t. I, p. 222. Des alliages analogues ont été quelquefois employés pour la fabrication des monnaies.

CHAPITRE III

ALLIAGES MONÉTAIRES. — FABRICATION DE MONNAIES.

§ 1er. — Principes généraux.

S'il est vrai que le degré de perfection d'une société civilisée se mesure par la multiplicité et la commodité des échanges commerciaux, on pourrait, en écrivant l'histoire de la *monnaie*, suivre pas à pas le développement de la civilisation.

Il est probable que pendant les périodes préhistoriques, la plupart des échanges se faisaient en nature, et que ce procédé suffisait aux besoins du commerce primitif. L'argent était alors inconnu; du moins on n'en a retrouvé aucune trace. Puis, peu à peu, on imagina d'attribuer à un objet déterminé une valeur particulière et fixe, et d'admettre, d'après cette convention, que cet objet pourrait servir de mesure et d'instrument d'échange. C'est la première époque de l'histoire des monnaies. De nos jours, beaucoup de peuples sauvages, dont la civilisation nous donne une idée de celle des temps anciens, considèrent encore comme monnaies des coquilles, des grains de cacao, des clous ou des morceaux de cuir. Chaque unité prend alors une valeur conventionnelle.

Une seconde période, dont l'âge peut être évalué à quarante siècles environ, voit apparaître les métaux, et particulièrement l'or et l'argent; mais ces métaux sont en lingots ou en poudre, et ils ne portent aucune indication spéciale pour indiquer leur valeur; on admet seulement pour chacun d'eux une valeur fixe proportionnelle au poids, de sorte que l'acheteur et le vendeur pèsent le métal au moment de la vente.

Il parut ensuite plus commode d'avoir des morceaux de métal pesés à l'avance, et, comme il en fallait de différents poids, on marque tous ceux du même poids d'un signe semblable. Le droit de fixer ainsi la valeur de chaque pièce de monnaie était naturellement un des privilèges du pouvoir souverain. C'est la troisième période, qui commence avec l'histoire de l'ancienne Grèce, et est caractérisée par ce fait que les pièces de monnaie étaient faites de métal pur, sans trace d'alliage.

La période actuelle se distingue de la précédente par l'apparition des alliages. Il est difficile de préciser à quelle époque on découvrit que les métaux précieux, or et argent, qui étaient employés depuis longtemps pour la fabrication des monnaies résistaient mieux à l'usure lorsque le métal était allié à une certaine quantité de cuivre. On sait seulement que ce n'est qu'à la fin de l'histoire de Rome qu'on trouve des monnaies faites avec des alliages et que cette intro-

duction du cuivre n'avait été adoptée par les derniers empereurs que dans l'intention d'altérer la pureté des monnaies et de réaliser des bénéfices de faux monnayeurs.

Pendant le moyen âge, cet usage fut successivement suivi dans le même but et prohibé sévèrement, et ce n'est que peu à peu qu'on reconnut que l'introduction d'une petite quantité de cuivre donnait une plus grande dureté aux pièces.

Pendant cette quatrième période, la fabrication des monnaies a reçu un grand nombre de perfectionnements. Aujourd'hui, nos pièces ont dans chaque pays un *titre* déterminé et un poids invariable, ce qui donne une grande sécurité pour les échanges commerciaux; ce titre et ce poids sont indiqués sur chacune d'elles par des signes particuliers, et chaque État prend des précautions particulières pour que ces prescriptions soient rigoureusement suivies, et qu'il soit impossible d'imiter les pièces des monnaies légales au moyen d'alliages métalliques de moindre valeur.

Tout porte à croire que cette quatrième période ne sera pas la dernière, et que le caractère de plus en plus international des échanges appellera une nouvelle réforme. Actuellement, l'unité monétaire est, dans notre pays, le *franc*, représenté par 5 grammes d'alliage d'argent et de cuivre au titre de 900 millièmes, tandis que l'Allemagne a des *marks*, qui pèsent $5^{gr},555$, au même titre; l'Espagne, des *pesetas*, dont le poids et le titre sont différents. Certains pays adoptent l'*étalon* d'or, d'autres, l'étalon d'argent, quelques-uns, le double étalon. La plupart ont des pièces représentant les traits de leur souverain ou un autre signe, variable d'une nation à l'autre. Un jour viendra où l'on conviendra de confondre toutes ces conventions contradictoires et particulières en une grande convention internationale monétaire acceptée par tous les pays civilisés. L'unité sera alors la même partout, ainsi que les multiples et les sous-multiples, et leurs valeurs seront représentées par des signes uniformes. Si des considérations politiques et économiques ont jusqu'à présent retardé la réalisation de cette réforme, les rapports qui se multiplient constamment entre les nations voisines la rendent tous les jours plus nécessaire, et cette nécessité triomphera tôt ou tard. Déjà le 23 décembre 1865, la convention de l'*Union latine* a engagé la France, la Belgique, l'Italie et la Suisse dans une série de mesures monétaires uniforme. La Grèce y a adhéré en 1878, et d'autres États viendront sans doute s'y joindre. Ces faits, sur lesquels nous reviendrons plus loin, indiquent évidemment une période de transition, et annoncent bien la nécessité de rendre plus uniformes les conventions spéciales à chaque État.

Avant d'exposer ce que nous savons sur la fabrication des monnaies d'argent, pendant les différentes périodes que nous venons d'indiquer, il nous paraît nécessaire de préciser ce que nous entendons par une *monnaie* et de faire connaître quels caractères doit présenter un métal ou un alliage pour pouvoir être employé comme monnaie.

La définition de la monnaie a été donnée très exactement par Aristote :

« On convint, dit-il, de donner et de recevoir dans les échanges une matière qui, utile par elle-même, fût aisément maniable dans les usages habituels de la vie; ce fut du fer, par exemple, de l'argent, ou telle autre substance, dont

on détermine d'abord la dimension et le poids, et qu'enfin, pour se délivrer des embarras d'un continuel mesurage, on marqua, d'une empreinte particulière, signe de sa valeur (1). »

Cette définition se retrouve à peu près la même dans la plupart des ouvrages de nos économistes contemporains. Dans son livre *De la monnaie*, Michel Chevalier nous dit notamment :

« La monnaie est un instrument qui, dans les échanges, sert de mesure et est par lui-même un équivalent (2). »

La nécessité de cet instrument d'échange est une conséquence de la civilisation. Sans doute, on conçoit que tant que les peuples ont vécu en petits groupes, sans relations les uns avec les autres, les membres de chacun de ces groupes pouvaient encore mettre en commun les produits de leur travail, et se procurer ainsi ce qui leur était nécessaire pour leur subsistance. C'est encore de cette existence primitive que vivent les peuplades sauvages. Cependant cet état social s'est modifié peu à peu, parce que chaque famille et même chaque individu s'est confiné dans la production d'un nombre déterminé d'objets pour lesquels l'habitude leur a donné une grande dextérité et leur a permis une fabrication plus parfaite et plus rapide. Il en est résulté que certains individus ont eu entre les mains tel objet en nombre plus que suffisant, tandis que d'autres ne le possédaient pas, mais en avaient d'autres qu'ils ne pouvaient utiliser. De là est né l'échange, c'est-à-dire le commerce. On a échangé, d'abord en nature, l'objet A contre l'objet B, et il en résulté pour l'ensemble des individus une plus grande somme de bien-être.

« Mais, dit encore Michel Chevalier, l'échange en nature est une opération laborieuse et incertaine... Je suis producteur de blé, j'ai besoin de viande ; je livre à mon voisin l'éleveur un certain nombre d'hectolitres de mon grain contre un bœuf. Mais je ne sais pas exactement quel est le rapport du blé au gros bétail en général, et au bœuf qu'on me propose en particulier. Dans cet embarras, le marché se conclut péniblement. En outre, l'éleveur qui a troqué sa bête contre mon blé a peut-être déjà plus de blé qu'il ne lui en faut, et il aurait besoin de vêtements ; il sera donc dans la nécessité de chercher une troisième personne qui ait des vêtements à céder et à qui il convienne d'avoir du grain ; après qu'il l'aura découverte, il aura à faire avec elle un troc entre deux objets dont le rapport de valeur n'est pas suffisamment connu de lui (3). »

Aussi ce système de l'échange en nature ne marque-t-il pas une civilisation bien avancée.

Mais si, parmi toutes les marchandises, on en choisit une qui, par une convention acceptée par tous, puisse servir de commune mesure de valeur à toutes les autres, qui soit acceptée universellement en retour de toute chose, les transactions deviennent immédiatement beaucoup plus simples. Cette commune mesure, cet équivalent de toutes choses, c'est la monnaie.

Il ne faudrait pas croire que tout objet peut être indistinctement choisi comme monnaie.

(1) *Politique d'Aristote*, livre I, chap. III.
(2) *Cours d'économie politique*, t. III, la MONNAIE, p. 1.
(3) *Loc. cit.*, p. 4 à 10.

D'après Michel Chevalier (p. 15), pour qu'une marchandise remplisse parfaitement le rôle de monnaie, elle doit présenter plusieurs caractères :

1° Elle doit être par elle-même une véritable marchandise, c'est-à-dire une chose en rapport avec un certain nombre de nos besoins, et recherchée par les hommes à ce titre ;

2° A valeur égale, elle doit être plus facile à déplacer que la plupart des autres marchandises, c'est-à-dire que, sous un faible volume, elle doit offrir une grande valeur relative, afin que chacun puisse transporter commodément l'équivalent des objets qu'il a l'habitude d'acheter ;

3° Elle doit être inaltérable, afin qu'on puisse la conserver intacte sans être obligé de prendre des soins particuliers ;

4° Elle doit être parfaitement homogène, pour que, par une vérification simple, on en constate rigoureusement la nature ;

5° Elle doit pouvoir se diviser indéfiniment, de manière à représenter telle petite valeur qu'on voudra, tout en conservant après cette division une valeur proportionnelle à son poids, et de manière que les parties détachées soient faciles à réunir ;

6° La valeur doit être à peu près à l'abri de ces variations brusques qui atteignent notamment les produits de l'agriculture et de beaucoup d'industries ;

7° Il faut encore que les objets destinés à la fabrication des monnaies puissent recevoir aisément une marque ou empreinte inaltérable, signe de leur valeur ;

8° On doit aussi rechercher les matières assez dures pour résister aux chocs et à l'usure ;

9° Enfin, ces objets doivent pouvoir se distinguer facilement de tout autre par un ensemble de propriétés physiques extérieures, telles que la densité, l'éclat, la couleur, etc.

Or, parmi toutes les substances qui nous entourent, l'or et l'argent sont à peu près les seules qui réunissent presque complètement toutes ces conditions.

Et d'abord, il est incontestable que ces deux métaux sont des marchandises, car ils sont recherchés par l'homme depuis le commencement des temps historiques pour la fabrication des parures, bijoux ou objets d'ornement. Ils ont donc une valeur intrinsèque. S'il est vrai qu'ils ne sont employés que pour la confection des objets de luxe et non pour celle des instruments de première nécessité, c'est précisément parce que leur valeur propre est très grande, et leur valeur est grande parce qu'ils sont rares. Il n'est pas douteux que s'ils étaient plus communs, ils seraient utilisés aussi pour la fabrication de mille objets usuels, et remplaceraient pour cet usage le fer, le cuivre, le bois, etc., qui se conservent moins bien.

A certaines époques cependant, et sous l'influence de doctrines économiques erronées, on a cherché à remplacer l'or et l'argent par des marchandises n'ayant presque aucune valeur, telles que le papier par exemple. Mais l'abus de la monnaie de papier, ou monnaie fiduciaire, dont la valeur réelle est infiniment moindre que la valeur conventionnelle, a toujours conduit à des crises économiques, même lorsque ce papier était revêtu d'empreintes destinées à en rendre l'imitation impossible. De nos jours, la circulation du papier monnaie

est autorisée dans presque tous les pays civilisés, parce qu'il évite la remise du numéraire en nature, et que sa valeur à poids égal est beaucoup plus grande; mais son usage n'est toléré que dans certaines limites, et autant seulement qu'il représente un actif réel en numéraire dont il est le signe. Il ne doit même pas avoir cours forcé, comme cela est admis aujourd'hui en France et dans la plupart des États.

Cependant, si cette première condition était suffisante, on pourrait remplacer les deux métaux précieux par une multitude d'autres marchandises.

L'histoire nous apprend que les Lacédémoniens, les Clazoméniens, les Byzantins et les anciens habitants de la Grande-Bretagne, avaient des monnaies de fer (1); les Romains des premiers temps de la République employaient pour cet usage le cuivre, et Denys, tyran de Syracuse, avait des monnaies d'étain.

Au Mexique, avant la conquête espagnole, les grains de cacao servaient de monnaie, et aujourd'hui encore on les emploie à Mexico comme monnaie *de billon*, mais nous verrons qu'en réalité la monnaie de billon est une monnaie fiduciaire. De même, les coquillages désignés sous le nom de *cauris* ont servi pendant longtemps dans certains pays comme petites monnaies et sont considérés comme telles aux îles Maldives, sur certaines côtes d'Afrique (Calebar, Benin, etc.) et aux Indes. En Afrique, il en faut environ 120 pour 1 franc; aux Indes, 1540; leur valeur conventionnelle est donc très variable.

Le mercure a servi et sert encore de monnaie dans certaines régions minières du Mexique. Nous avons signalé, d'après Girardin (2), dans la première partie de cet article, l'emploi des minerais d'argent, comme monnaie locale, dans quelques districts métallifères du Pérou. On pourrait encore citer l'étain qui a été reçu comme monnaie au Mexique et en Chine; le tabac, dans la Virginie; le blé, dans le Massachusetts; le diamant, dans l'Inde, etc. (3).

Michel Chevalier donne un exemple de faits analogues pris dans notre pays même et de notre temps. Dans plusieurs villages du bassin houiller de Graissessac (Hérault), on fabrique encore des clous à la main, parce que la houille y est à très bas prix et que cette industrie peut occuper utilement de modestes familles d'ouvriers. Les clous sont alors admis comme menue monnaie (4).

On peut enfin rappeler que l'usage de payer de petites dépenses au moyen de timbres-poste, surtout à distance, tend à se généraliser de plus en plus, et que dans bien des pays, les fermiers payent une bonne partie du prix de leurs fermes en nature; mais la plupart des objets que nous venons de citer ne possèdent pas les autres caractères que doit présenter la monnaie, notamment le second.

L'or et l'argent sont en effet des marchandises qui, à valeur égale, peuvent se déplacer plus facilement que presque toutes les autres. Ainsi, suivant le cours de l'argent, on peut avec 80 ou 100 grammes de ce métal acheter un hectolitre de blé qui pèse de 75 à 80 kilogrammes, près de mille fois plus; avec

(1) Cet usage a été retrouvé de nos jours au Sénégal.
(2) *Chimie élémentaire*, t. II, p. 606, en note.
(3) Roswag, *Les métaux précieux*, p. 127.
(4) *Loc. cit.*, p. 12.

80 ou 100 grammes d'or, on obtient un bœuf sur pied, du poids de 400 kilogrammes.

Cette propriété est très précieuse. D'abord elle facilite singulièrement les échanges ; dans les pays où l'on a employé le cuivre ou le fer comme monnaie, on était obligé de faire transporter dans des voitures ce numéraire encombrant lorsqu'il s'agissait de recevoir ou d'effectuer des payements importants. En outre, cette grande valeur sous un petit volume diminue beaucoup les frais de transport, de sorte que ces frais sont négligeables si on les compare à la valeur des métaux, et que cette valeur peut être à peu près uniforme dans tous les pays du monde, aussi bien dans les régions qui produisent de l'or ou de l'argent que dans celles qui sont éloignées des mines.

Cependant, et en sens inverse, il y aurait inconvénient à choisir des substances d'une trop grande valeur, parce que dans les transactions ordinaires le volume de la monnaie nécessaire serait trop petit et difficile à apprécier. C'est une des raisons pour lesquelles le diamant ne peut être adopté.

De même, l'or et l'argent sont à peu près inaltérables par les agents ordinairement contenus dans l'atmosphère. L'argent, il est vrai, est un peu attaqué par l'hydrogène sulfuré et par l'eau de mer, mais l'altération est superficielle. Elle est, dans tous les cas, beaucoup moindre que celle du cuivre, du fer, du zinc et de beaucoup d'autres métaux.

On peut remarquer encore que l'or et l'argent sont très homogènes ; il n'y a aucune différence entre l'argent de Freiberg et celui du Chili, et la valeur de ces métaux est rigoureusement la même pour un même poids.

Ces métaux sont aussi divisibles indéfiniment, parce que, d'une part, il est très facile d'en faire des pièces de monnaie aussi petites qu'on le désire, et qu'en outre les petits fragments peuvent être réunis par la fusion en grosses masses sans perte sensible et sans que les frais de cette opération entraînent une dépense comparable à la valeur du lingot obtenu. C'est en cela surtout qu'apparaît la supériorité de l'or et de l'argent sur le diamant. Celui-ci ne peut être taillé en petits fragments de poids déterminé que par une opération très coûteuse. En outre, il ne peut être fondu, et par conséquent les petits fragments ne peuvent être réunis. Il en résulte que les gros diamants ont une valeur beaucoup plus considérable que les petits, à poids égal. Un diamant de 1 carat ($0^{gr},212$) vaut 48 francs, mais un diamant de deux carats est payé 192 francs, de sorte que le diamant de deux carats, partagé en deux parties égales, perdrait la moitié de sa valeur, sans compter les frais de l'opération qui la diminueraient encore.

L'or et l'argent sont encore de toutes les marchandises celles dont la valeur est communément la moins instable. Sans doute, ils ne sont pas absolument à l'abri des variations qui atteignent la production de toutes les marchandises ; mais, à moins d'événements extraordinaires, tels que les grandes guerres, qui peuvent gêner l'exploitation ou rendre difficile le transport des métaux, leur valeur est assez constante. Les variations qu'elle a éprouvées ne sont bien sensibles que d'un siècle à l'autre, et on peut les négliger pour des périodes de quelques années. Cette circonstance tient surtout à ce que les exploitations des mines de ces métaux sont répandues dans presque toutes les régions du globe,

de sorte que si l'une d'elles donne une production trop grande ou trop petite, cet effet est peu sensible sur la valeur qui s'établit d'après le rendement total. A ce point de vue, l'or et l'argent présentent de grands avantages sur le platine que le gouvernement russe avait tenté d'employer comme monnaie en 1828. Il dut y renoncer en 1845, précisément à cause des variations de valeur de ce métal dont le minerai n'est exploité que dans un très petit nombre de mines. D'ailleurs les usages du platine sont tellement restreints que c'est à peine si l'on peut dire que c'est une *marchandise* ayant une valeur propre, et nous avons vu que cette première condition est indispensable.

Cependant, de toutes les conditions que doit remplir une monnaie parfaite, la fixité de valeur est certainement celle à laquelle les métaux précieux satisfont le moins. Cet inconvénient a été surtout sensible dans les siècles qui ont précédé le nôtre ; il était dû surtout à des irrégularités de production. La découverte de l'Amérique et de ses riches mines d'argent eut, au seizième siècle, une grande influence sur la valeur absolue du métal ; à une époque plus reculée, la découverte des mines espagnoles par les Phéniciens a eu un résultat analogue, et il en a été de même, de nos jours, pour le gisement de Nevada. Presque tous ces faits ont eu pour conséquence la diminution de la valeur de l'argent. Celle de l'or a été également atteinte par le développement des mines de la Californie d'abord, puis de celles de l'Australie ; cependant cette influence s'est moins fait sentir sur l'or. Il est vrai qu'en même temps le besoin des métaux précieux, et par suite la *demande*, ont aussi augmenté, mais il n'y a pas eu compensation exacte, et aujourd'hui la valeur de chacun de ces métaux est beaucoup moindre qu'au temps de la République romaine.

On peut encore remarquer que l'or et l'argent peuvent recevoir facilement et à peu de frais les empreintes les plus délicates, de manière que ces marques particulières servent de garantie au public. Ils sont également assez durs pour résister pendant longtemps à l'usure, du moins lorsqu'ils sont alliés avec une petite quantité de cuivre. Nous avons actuellement dans la circulation des pièces d'or et d'argent qui datent de plus d'un siècle ; les empreintes y sont encore très reconnaissables, et le *frai* n'a enlevé, après un aussi long usage, qu'une très petite fraction de la valeur de ces pièces.

Enfin, certaines propriétés physiques extérieures dont la constatation est facile, telles que le son particulier de l'argent, sa couleur et celle de l'or, leur éclat, leur grande densité, font que ces métaux ne peuvent guère se confondre avec d'autres, du moins avec la plupart des métaux dont le prix est de beaucoup inférieur. Ces propriétés sont des garanties précieuses pour le public qui peut ainsi reconnaître rapidement une pièce fausse d'une pièce légale. Elle rend presque impossible l'industrie des faux monnayeurs.

Pour toutes ces raisons, l'or et l'argent doivent être considérés comme les seules marchandises pouvant remplir commodément et universellement le rôle de monnaies.

Aussi l'histoire nous montre que, dès les temps les plus reculés, ces deux métaux ont été choisis comme commune mesure dans les échanges.

§ 2. — Périodes anciennes.

D'après la Genèse (1), vers l'an 2000 avant notre ère, le patriarche Abraham avait de grandes richesses en or et en argent ; il acheta d'Héphron, pour y placer la sépulture de Sarah, un champ qu'il paya avec quatre cents *sicles* (2) d'argent. Ces sicles étaient des lingots d'argent pur, ne portant aucune marque, mais ayant un poids déterminé que l'on vérifiait d'ailleurs dans les échanges. La Genèse nous dit aussi que Moïse fit peser devant tout le peuple la somme d'argent destinée à l'achat d'un terrain de sépulture. Cependant il résulte d'autres passages de la Genèse qu'Abraham ne connut l'emploi de l'or et de l'argent comme signe et mesure de la richesse qu'après son voyage en Égypte. Il y a donc des raisons de croire que les Égyptiens ont été les premiers à se servir, pour cet usage, des métaux précieux.

Les Hébreux, réfléchissant qu'ils perdaient beaucoup de temps à peser les métaux nécessaires aux échanges, imaginèrent de former des lingots de poids déterminé et tels que les uns étaient deux fois aussi pesants ou deux fois moins que les autres. Conservant les anciens sicles, ils en créèrent d'autres qui pesaient le double des anciens, puis les partagèrent en demi-sicles, en tiers de sicle, et en lingots plus petits et de moindre valeur appelés *gerahs*. Presque à la même époque, et pour éviter la confusion avec des lingots de plus faible valeur ou avec ceux des autres peuples, ils convinrent de marquer leurs pièces de signes particuliers. Ces signes étaient une coupe ou *gomor* et au-dessus de cette coupe une ou deux lettres qui indiquaient sans doute le lieu de fabrication ; enfin, ils marquaient en légende le mot *sicle*, demi, tiers ou quart de sicle. Sur l'autre face était une branche d'amandier fleuri. Plus tard ces signes particuliers furent un peu modifiés ; ainsi ils y ajoutèrent le mot *Jérusalem* après la prise de cette ville ; de même, après la construction de la forteresse de Sion, on remplaça la branche d'amandier par une porte de ville et les mots : *David roi ; Salomon, son fils roi*, sans aucune figure ; enfin, sous les derniers rois, les inscriptions des monnaies furent souvent changées pour satisfaire la préoccupation qu'ont toujours eue les peuples de consacrer ainsi le souvenir des événements les plus remarquables ou les plus glorieux. Il ne paraît pas que les Hébreux aient jamais fabriqué de pièces d'or. L'argent qu'ils employaient était de l'argent pur, et plusieurs passages de l'Écriture sont relatifs aux précautions prises pour obtenir la purification de l'argent dans des fourneaux.

Cependant, si l'on en croit Hérodote (3), l'invention de la véritable monnaie, c'est-à-dire des pièces métalliques portant des empreintes destinées à en fixer la valeur, serait due aux Lydiens, mais cet historien n'indique pas la date précise de ce changement.

D'autre part, Strabon et d'autres auteurs attribuent l'invention des monnaies

(1) Chap. XIII et XXIII.
(2) Le sicle d'argent valait à peu près 1 fr. 47.
(3) Liv. I, p. 74 : « Les premiers parmi les hommes, à notre connaissance, les Lydiens ont frappé des monnaies d'or et d'argent. »

aux Éginètes. Ce serait Phédon, roi d'Argos, qui aurait fait frapper les premières monnaies dans l'île d'Égine. D'après Lenormant (1), qui a fait de cette question de l'origine des monnaies frappées une étude particulière, on ne saurait dire avec certitude si on doit en attribuer l'invention aux Éginètes ou aux Lydiens. Il paraît certain que les deux peuples ont connu les monnaies vers le septième ou le huitième siècle avant notre ère, que les pièces des Lydiens étaient en électrum, et celles des Éginètes en argent, et qu'enfin les monnaies lydiennes portaient simplement des poinçons en creux, tandis que celles d'Égine, bien que plus irrégulières de forme, avaient des figures et des dessins en relief. On peut admettre, avec Lenormant, que la fabrication des monnaies a été imaginée à peu près simultanément chez les deux peuples voisins, et que les pièces d'Égine, qui sont plus parfaites, sont probablement postérieures de quelques années à celles des Lydiens.

On pourrait penser que les Hébreux ont emprunté cet usage aux Égyptiens. En effet, beaucoup d'auteurs admettent que les premières monnaies portant des empreintes ont été fabriquées en Égypte et que c'est dans ce pays que les Lydiens auraient trouvé cet usage. Un fait qui vient à l'appui de cette dernière opinion, c'est que les plus anciennes pièces monnayées portaient des figures d'animaux, particulièrement de vaches et de taureaux, qui étaient des divinités égyptiennes. Il est dans tous les cas bien connu que les lois égyptiennes se sont toujours beaucoup préoccupées de la fabrication des monnaies et qu'elles édictaient des peines sévères contre les faux monnayeurs.

D'après F. Lenormant (2), l'ancienne Égypte n'aurait pas connu la monnaie d'argent, ce métal n'étant devenu un peu abondant dans ce pays qu'au temps des Lagides, c'est-à-dire au quatrième siècle avant notre ère. Même à cette époque, la valeur de l'argent était très grande, et voisine de celle de l'or ; Lepsius (3) donne pour mesure de ce rapport $\frac{3}{5}$ ou $\frac{1}{1.66}$. La raison de cette faible différence était que l'argent venait exclusivement d'Asie, tandis que les Égyptiens trouvaient dans leur propre pays en abondance le cuivre, l'or et l'électrum. Ce n'est qu'au troisième siècle qu'ils purent retirer de l'argent de l'île de Chypre.

Si l'on admet ces données, l'Égypte pharaonique aurait eu surtout des monnaies de cuivre, ou plutôt des lingots de cuivre circulant comme monnaies, mais sans forme monétaire, c'est-à-dire sans empreinte et sans indication de valeur. L'unité monétaire était exclusivement le *ten* ou l'*outen* de cuivre que l'on appréciait au poids et qui pesait de 94 à 96 grammes. Si l'on recevait, en outre, dans certains échanges, des *outens* ou des *sicles* d'argent et même d'or, on avait soin de fixer préalablement, par des conventions, le rapport de valeur à poids égal de ces métaux au cuivre. Le premier qui frappa des monnaies d'argent en Égypte aurait été le satrape Argandis, contemporain de Darius (cinquième siècle).

D'ailleurs, s'il faut accepter les documents que nous donne l'histoire

(1) *La Monnaie dans l'antiquité*, t. I, p. 125 et suiv.
(2) *Ibid.*, t. I, p. 88 et suiv.
(3) *Les Métaux chez les Égyptiens*, Mémoires de l'Académie de Berlin, 1871, p. 50, et Mariette, *Papyrus de Boulaq*, t. II.

d'autres pays, on peut penser que ce n'est pas immédiatement que les anciens (Hébreux, Lydiens, Éginètes ou Égyptiens) ont passé du lingot ou de la poudre d'argent estimés au poids, au lingot ou au disque d'argent marqué d'une empreinte, c'est-à-dire à la véritable monnaie, telle qu'on l'emploie de nos jours. Ainsi les Goths et les Celtes avaient autrefois l'habitude d'étirer l'or en fil épais qu'ils enroulaient ensuite en forme de spirale et qu'ils portaient autour de leurs doigts jusqu'au moment où ils en avaient besoin pour quelque achat. De nos jours, l'Hindou qui a économisé quelques roupies, les fait fondre et convertir en bracelet, qui est pour lui à la fois une parure et un trésor. César nous dit que les Bretons portaient des bagues en fer de poids uniforme et qu'ils s'en servaient comme monnaie (1).

Nous pourrions, en remontant ainsi dans l'histoire de tous les anciens peuples, y trouver presque toujours l'emploi des métaux, et particulièrement des métaux précieux, comme monnaies, sous une forme ou sous une autre. Il serait intéressant d'y rechercher par quels intermédiaires ces peuples sont arrivés à l'usage qui est aujourd'hui presque exclusivement adopté d'employer l'or et l'argent et d'en marquer les lingots de signes particuliers. Quelques-uns, les Hébreux, par exemple, se servaient uniquement de l'argent, d'autres avaient recours à l'or seul ; d'autres enfin adoptaient dans les échanges à la fois l'or et l'argent, et exceptionnellement quelques autres métaux. Ces différences, que nous retrouverons de nos jours et que nous étudierons lorsque nous traiterons la question de l'étalon unique ou du double étalon, paraissent aussi anciennes que la civilisation.

Dans tous les cas, les quelques faits que nous venons de citer nous permettent d'arriver immédiatement à notre troisième période, qui commence un peu avant l'histoire de la Grèce et qui est caractérisée par l'emploi des monnaies à empreinte.

Les historiens grecs et romains citent un grand nombre de faits qui prouvent que dans tous les pays on avait l'habitude d'amasser et de conserver des trésors en or et en argent. Dans son histoire d'Alexandre le Grand, Quinte Curce dit : « Entré dans Suse, il y trouva des richesses immenses, et pour cinquante mille talents d'or et d'argent non monnayé, en masse et en lingots. » Le même auteur, racontant la prise de Persépolis, dit encore : « La somme d'argent qu'on y prit est si excessive qu'elle paraît presque incroyable; mais il faut ou douter de tout ce que l'histoire nous rapporte, ou croire que dans cette opulente ville il se trouva jusqu'à cent vingt mille talents de métaux précieux (2). »

Cependant beaucoup d'auteurs estiment qu'il y a dans ces évaluations beaucoup d'exagération.

Th. Thomson (3) a examiné une monnaie grecque de Crotone, en argent. C'est une des plus anciennes pièces que l'on connaisse; on suppose qu'elle a

(1) Jagnaux, *Minéralogie appliquée*, p. 631.
(2) É. Théry, *Grande Encyclopédie*, t. I, p. 841. — En admettant que le talent attique pesait 27 kilogrammes, le trésor de Suse contenait 1 350 000 kilogrammes d'or et d'argent, et celui de Persépolis 3 240 000 kilogrammes, soit approximativement 300 et 700 millions de francs de notre monnaie.
(3) *Ann. chim.*, t. LXXI, p. 125.

été frappée six cents ans avant notre ère; elle était épaisse, rude au toucher et imparfaitement ronde; le revers était creux et portait trois jambages ayant la forme d'une M, les autres caractères étant effacés. Le poids total de la pièce était de 113,64 grains, soit à peu près 6 grammes. L'analyse a donné :

Argent	96,27
Or	0,11
Cuivre	0,88
	97,26 (1)

D'après Lenormant (1), les anciennes monnaies d'Égine en argent étaient au titre de 960 millièmes de fin, en moyenne ; les tétradrachmes athéniens en argent varient de 986 à 966 millièmes, avec des traces d'or; exceptionnellement quelques pièces ont donné 919 d'argent, 79,4 de cuivre et 2,6 d'or. Plusieurs statères de Corinthe sont au titre de 961 et 936 millièmes d'argent; les monnaies d'Alexandre ont donné :

Argent	96,74
Cuivre	2,90
Or	0,35
	100,00

Le même auteur donne encore quelques résultats d'analyses de monnaies grecques d'Italie et de Sicile, en argent. Leur titre varie de 980 à 910 millièmes d'argent. Cependant, dans les derniers temps du monnayage de Tarente, le titre des pièces d'argent s'abaisse un peu et tombe á 880 millièmes de fin.

Les anciennes monnaies grecques de l'Asie donnent aussi un titre d'argent assez élevé. Ainsi une petite monnaie de Chios antérieure à Darius, fils d'Hystaspe, a fourni 975 millièmes, et une de Téos, 960. Deux pièces d'argent du monnayage d'empire des Achéménides ou *sicles médiques* sont à 940 et 930 millièmes; une pièce de Milet de la fin du cinquième siècle avant notre ère, 950; une de Chalcédoine, 960, et une de Rhodes antérieure à Alexandre, 965 d'argent et 3 d'or. Ce n'est qu'exceptionnellement que pour la période antérieure à Alexandre on constate des titres plus bas, notamment pour une pièce de monnaie divisionnaire qui a donné 709 millièmes d'argent (3). Un tétradrachme d'Antiochus Ier de Syrie (troisième siècle avant Jésus-Christ) contient encore 990 millièmes d'argent, et un autre de Ptolémée Soter, 934. Cependant peu à peu le titre s'abaisse; un tétradrachme de Philippe,

(1) La perte de 2,74 pour 100 est due sans doute, comme le fait remarquer d'Arcet (*Ann. de chim.*, t. LXXI, p. 136), au procédé imparfait adopté par Thomson.

(2) *La Monnaie dans l'antiquité*, t. I, p. 187 et suiv.

(3) Les monnaies d'or étaient aussi très pures. On a analysé les statères d'or de Philippe qui contiennent pour 1000 parties 929 d'or et 21 d'argent (Fabbroni, *Ann. chim.*, t. LXXII, p. 25). Ces titres élevés étaient très certainement ceux de l'or et de l'argent natifs que l'on employait immédiatement pour la fabrication des monnaies, sans alliage préalable. Cette pratique présentait même des avantages, parce que les métaux à peu près purs étaient moins durs que s'ils avaient été alliés, et qu'ils recevaient mieux les empreintes.

le dernier roi de Syrie de la race de Séleucus (premier siècle avant Jésus-Christ), ne contient plus que 678 millièmes d'argent, et à partir de l'ère chrétienne on trouve des pièces dont le titre descend jusqu'à 625 millièmes.

A côté de ces monnaies grecques en or et en argent qui se sont maintenues pendant longtemps à un titre très élevé, on trouve des monnaies dites d'*électrum*, c'est-à-dire dans lesquelles entrent les deux métaux précieux, or et argent. On les rencontre notamment en Asie Mineure, en Lydie, en Ionie. On avait sans doute été conduit à employer ces alliages parce que l'or natif que l'on récoltait était fortement argentifère, comme il arrive encore de nos jours pour l'or de Transylvanie. Ces monnaies d'électrum contenaient toujours une assez forte proportion de cuivre.

C'est à ce type que l'on doit rapporter une monnaie antique analysée par d'Arcet et qui était à l'effigie de Philippe (1). Sa composition a été trouvée de :

Argent....................	36,80
Or........................	18,40
Cuivre....................	44,80
	100,00

Il n'est pas probable qu'aucune loi monétaire ait jamais exigé un alliage aussi compliqué pour la fabrication des monnaies, et on doit penser que cette pièce a été fabriquée avec quelque alliage naturel ou électrum allié à du cuivre.

Les anciennes monnaies d'Athènes portaient comme empreinte un bœuf ou une chouette ; celles de Delphes, un dauphin ; celles des Béotiens, un Bacchus, une coupe ou une grappe de raisin, en mémoire des fameux vignobles de ce pays ; celles de Rhodes, une rose ou un soleil ; celles de la Macédoine, un bouclier ; peu à peu ces empreintes furent modifiées et remplacées par des figures d'une perfection artistique très remarquable, telles que la tête de Syracuse.

Tous les peuples de la Grèce n'avaient pas adopté les mêmes conventions monétaires. Plusieurs avaient des monnaies d'or et des monnaies d'argent. Les Athéniens ne frappaient que des pièces d'argent ; ils considéraient l'or comme un métal de luxe et laissaient au commerce le soin d'en déterminer la valeur. Ils retiraient tout l'argent qui leur était nécessaire des célèbres mines du Laurium.

Les mots ἀργύριον, χρύσιον et χάλκιον servaient à désigner spécialement les monnaies d'argent, d'or et de cuivre ; cependant le mot ἀργυρίον est fréquemment appliqué par les auteurs grecs à toute espèce de monnaie, quel qu'en soit le métal, ce qui indique bien que la masse principale de la circulation métallique chez les Grecs consistait en argent ; c'était pour eux le métal étalon. De même chez les Hébreux, le mot *kesef* servait à désigner non seulement l'argent métal et l'argent monnayé, mais aussi d'une manière générale toute espèce de monnaie. La même extension est admise de nos jours pour le sens du mot argent, et elle tient également à ce fait que l'argent est le métal monnaie par excellence, celui qui doit servir de type et d'étalon.

(1) *Ann. de chim.*, t. LXXII, p. 49.

Cependant, chez les Romains, on désignait par *aes*, c'est-à-dire par *bronze* ou *cuivre*, toute sorte d'espèces monnayées; au début cet usage s'était introduit parce que, pendant les premiers siècles de la République, on ne connaissait que la monnaie de cuivre; plus tard on le conserva, même sous les empereurs, alors que l'on frappait des pièces d'or et d'argent en même temps que des monnaies de cuivre (1).

D'après Garnier (2), le mot *monnaie* ou *moneta* vient du mot latin *monere*, avertir. C'était le surnom de *Junon moneta*, déesse des avertissements; à Rome, on battait monnaie dans son temple. Le surnom de *moneta* avait été donné à Junon parce que son temple était élevé sur l'emplacement de la maison de Manlius, à l'endroit même d'où il avait entendu les Gaulois monter à l'assaut de la forteresse. D'après d'autres auteurs, ce mot aurait été adopté simplement pour rappeler que les signes particuliers des pièces de monnaie avertissent de leur valeur et sont une garantie contre la fraude.

On admet plus généralement que *numéraire* vient de *nummus* ou *numus*, nom d'une monnaie romaine appelée aussi *sesterce* et qui équivalait à 2 1/2 *as* romains.

Le mot *numus* ou *nummus* vient lui-même du mot grec νόμισμα, dérivé de νομίζειν (régler légalement). Aristote développe aussi cette étymologie : « C'est de même que la monnaie est devenue un objet d'échange; aussi l'appelle-t-on νόμισμα, son existence étant non le produit de la nature, mais l'œuvre de la loi (νόμος), ce qui fait qu'il dépend de nous de la modifier ou de la décrier. » Les Grecs de Sicile désignaient plus particulièrement sous le nom de νοῦμμος une petite pièce d'argent pesant un $\frac{1}{10}$ de statère d'argent de Corinthe, et équivalant originairement à une livre de cuivre, de même que les Romains appelaient *nummus* le sesterce d'argent. Peu à peu le même mot *nummus* désigna toute espèce de monnaie d'or et d'argent, le mot *aes* continuant à être employé pour les pièces de cuivre. Ce n'est que beaucoup plus tard que l'acception du mot s'étendant encore, *nummus* devint le nom le plus ordinaire et le plus générique de la monnaie courante (3).

Il est probable que la République romaine n'employa que des monnaies de cuivre ou de bronze, jusqu'à l'époque des guerres puniques, et qu'à dater de ce moment elle eut recours d'abord à l'argent, puis à l'or.

Cependant beaucoup d'auteurs pensent que les Romains avaient connu la monnaie d'argent sous le gouvernement des rois, et qu'on y renonça pour adopter le cuivre et l'airain au commencement de la République. Il se produisit peut-être à cette époque un changement analogue à celui dont Sparte nous donne un exemple indiscutable; il est certain que les Spartiates connaissaient la monnaie d'argent et qu'ils n'y ont renoncé qu'au temps de Lycurgue, sans doute pour mieux affirmer leurs préférences pour la simplicité des mœurs.

La fabrication des monnaies à Rome paraît avoir été réglementée pour la première fois par Servius Tullius, qui, le premier, fit marquer d'une empreinte officielle les monnaies de bronze.

(1) Voy. Lenormant, *la Monnaie dans l'antiquité*, t. I, p. 72.
(2) *Traité d'économie politique*.
(3) Lenormant, *loc. cit.*, p. 78, 79 et 80.

On créa pour surveiller cette fabrication une magistrature nouvelle; celle des *Triumviri monetales;* on connaissait alors l'*aes liberale* pesant 274 grammes, et ses subdivisions (*semis, triens, quadrans, sextans, uncia*), portant chacune une effigie spéciale.

Ce n'est qu'en l'année 485 de sa fondation (d'autres disent 484), c'est-à-dire en l'an 268 ou 269 avant notre ère, que Rome eut des monnaies d'argent. Plusieurs années après, en 206 (ou, suivant quelques auteurs, seulement en l'année 197), on frappa des monnaies d'or. Il y eut à partir de ce moment des triumvirs spéciaux pour les trois espèces de monnaies (or, argent et cuivre) (1). Ces magistrats pouvaient faire graver sur les pièces le portrait de tel de leurs ancêtres qui aurait rempli de grandes charges dans la République, ou un symbole destiné à rappeler un événement important ; mais il était interdit d'y faire figurer le nom d'aucun magistrat vivant. Ces monnaies n'étaient pas datées, de sorte que leur étude n'a pas été d'un très grand secours pour reconstituer l'histoire des divers événements dont elles avaient été les témoins.

Depuis Auguste, les triumvirs conservèrent le soin de veiller à la fabrication des monnaies de bronze, mais les empereurs gardèrent pour eux le monopole des monnaies d'or et d'argent. A partir de cette époque on voit figurer sur le *droit* des pièces les noms ou l'effigie des dieux, des empereurs ou des membres de la famille impériale, et au revers l'indication d'un fait important de l'histoire contemporaine. Ainsi chaque empereur n'adoptait pas une marque particulière et constante, mais des signes qui variaient chaque fois que l'on frappait un certain nombre de pièces. On connaît 522 pièces différentes du règne d'Auguste, 506 dues à Vespasien, 1119 à Adrien, 823 à Marc-Aurèle. Les plus belles sont celles d'Adrien, et constamment les monnaies d'argent sont mieux frappées que les monnaies d'or.

On doit à Thomson l'analyse de deux pièces d'argent romaines, l'une du temps de la République (environ 250 ans avant notre ère), l'autre de Domitien (2).

Le denier romain du temps de la République portait d'un côté la tête d'un guerrier; au revers, Diane sur un char traîné par deux biches; au-dessous, un croissant avec le mot *Roma*. La densité était 10,463, à peu près celle de l'argent pur. Le poids total de la pièce était $3^{gr},190$. Son analyse a donné :

Argent....................	99,37	
Or........................	0,48	
Cuivre....................	0,15	(par différence)
	100,00	

La monnaie d'argent de Domitien (fin du premier siècle) portaient au droit l'effigie de Domitien avec les mots : *Domitianus Aug. P. M. Imp.* et quatre lettres effacées; au revers, un guerrier armé d'une lance et d'un bouclier. L'exer-

(1) *Tresviri auro, argento, aere flando feriundo*, titre indiqué sur les monnaies et les inscriptions par l'abréviation III. VIR. A.A.A.F.F.
(2) *Ann. de chim.*, t. LXXI, p. 129.

gue était entièrement effacé. La densité était 10,092, et le poids total de la pièce 2gr,777. L'analyse a donné :

Argent	80,03
Or	0,45
Cuivre	19,17
	99,65

La première pièce était en argent pur; quant à la seconde, on peut se demander si déjà du temps de Domitien l'usage n'avait pas été adopté d'allier l'argent avec un quart de son poids de cuivre, car c'est à peu près exactement le rapport $\frac{19,17}{80,03}$. Dans tous les cas, la présence de l'or était certainement accidentelle.

On connaît encore plusieurs analyses de monnaies et médailles romaines des trois premiers siècles de notre ère. Plusieurs sont dues à Klaproth qui les a publiées en 1812 (1). Le plus grand nombre ont été faites par Feneulle (2), qui en 1826 a pu soumettre à l'analyse plusieurs pièces romaines trouvées à Famars, près de Valenciennes, ancienne ville romaine. D'autres sont dues à Walchner (3), qui a fait en 1825 un travail analogue sur un certain nombre de pièces des empereurs, qui avaient été trouvées à Bade.

Nous indiquerons les résultats de ces analyses en suivant l'ordre chronologique.

Monnaie de Vespasien (année 69 de notre ère). — Poids de la pièce, 3gr,04.

La pièce porte l'inscription Imp. Cæs. Vespasianus Aug. Au revers : Tr. Pot., et une femme debout tenant un caducée.

Argent	79,97
Cuivre	19,37
Or	0,66
	100,00

Monnaie de Trajan (année 98). — Poids de la pièce, 2gr,80.

Inscription : Traiano Aug. Ger. Dac. Pm. Tr. P., et la tête de Trajan avec une couronne de lauriers. Au revers : Cos. V. P. P. S. R. *optimo princ.*, et une déesse représentant la Victoire debout.

Argent	87,68
Cuivre	12,18
Étain / Or	0,14
	100,00

(1) *Ann. de chim.*, t. LXXXI, p. 82, traduction de Tassaert.
(2) *Ann. de chim. et phys.*, t. XXXII, p. 320.
(3) *Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik*, t. XXI, p. 204 (1827), et Percy, *Silver and Gold*, t. I, p. 169.

Autre monnaie de Trajan :

Argent	89,016
Cuivre	10,984
	100,000

Monnaie de Domitien (année 96 environ) :

Argent	86,134
Cuivre	13,866
	100,000

Monnaie d'Adrien (année 117). — Poids de la pièce, 3gr,47.

Inscription : HADRIANUS AUG. COS, III. P. P., et la tête d'Adrien nue. Au revers : SALUS AUG., et une femme debout.

Argent	80,92
Cuivre	19,05
Étain / Or	0,03
	100,00

Autre monnaie d'Adrien :

Argent	88,235
Cuivre	11,765
	100,000

Médaille de Sabine, femme d'Adrien. — Poids, 2gr,67.

Inscription : SABINA AUGUSTA. Au revers : VENERI GENETRICI, et une femme debout.

Argent	85,36
Cuivre	14,27
Étain	0,37
	100,00

Monnaie d'Antonin le Pieux (année 138). — Poids de la pièce, 3gr,87.

Inscription : ANTONINUS AUG. P. P. TR. PXI, et la tête d'Antonin ceinte de lauriers. Au revers : COS. III et une femme debout tenant un gouvernail.

Argent	70,21
Cuivre	27,21
Étain / Or	2,58
	100,00

Autre monnaie d'Adrien le Pieux :

Argent	91,331
Cuivre	8,669
	100,000

Médaille de Faustine. — Poids, 3gr,01.

Inscription : DIVA FAUSTINA, et la tête de Faustine. Au revers : AUGUSTA, et Cérès debout tenant des épis.

Argent	80,23
Cuivre	19,57
Étain / Or	0,20
	100,00

Monnaie de Marc-Aurèle (année 161). — Poids de la pièce, 2gr,92.

Inscription : AURELIUS CÆSAR AUG. PII. C., et la tête nue de l'empereur. Au revers : TR. POT. xij COS. ij, et Apollon debout, en habit de femme.

Argent	79,66
Cuivre	20,27
Étain / Or	0,07
	100,00

Autre monnaie de Marc-Aurèle :

Argent	63,259
Cuivre	36,741
	100,000

Médaille de Faustine Aug. — Poids, 3gr,51.

Inscription : FAUSTINA AUGUSTA. Au revers : FECUND. AUGUSTÆ, et une femme debout avec quatre enfants.

Argent	79,94
Cuivre	19,94
Or	0,12
	100,00

Monnaie de Commode (année 180). — Poids de la pièce, 2gr,703.

Inscription : M. COMMODUS ANTONINUS AUG. Au revers : TR. P. VII. IMP. VI. COS. IIII. P. P., et une femme debout près d'un autel.

Argent	67,11
Cuivre	32,15
Étain / Or	0,74
	100,00

Autre monnaie de Commode :

Argent	79,726
Cuivre	20,273
	99,999

Monnaie de Septime Sévère (année 211 environ) :

Argent	54,698
Cuivre	45,302
	100,000

Monnaie de Caracalla (année 217 environ) :

Argent	51,258
Cuivre	48,742
	100,000

Monnaie d'Héliogabale (année 222 environ) :

Argent	50,566
Cuivre	49,434
	100,000

Monnaie d'Alexandre Sévère (année 235 environ). — Poids de la pièce, 2gr,922.

Inscription : IMP. SEV. ALEXANDR. AUG., et la tête de l'empereur couronnée de lauriers. Au revers : P. M. TR. P. XII, COS. II, P. P.

Argent	24,98
Cuivre	74,09
Étain	0,91
Or	traces
	99,98

Monnaie de Gordien III (année 238). — Poids de la pièce, 3gr,4.

Inscription : IMP. GORDIANUS PIUS. FEL. AUG. Au revers : JOVI STATORI, et l'image de Jupiter debout.

Argent	28,17
Cuivre	67,73
Étain / Or	4,10
	100,00

Autre monnaie de Gordien III (année 238 environ). — Poids de la pièce, 3 grammes.

Inscription : IMP. GORDIANUS PIUS. FEL. AUG., et une tête couronnée.

Argent	29,20
Cuivre	69,95
Étain	0,85
Or	traces
	100,00

Monnaie de Philippe d'Arabie ou Philippe l'Ancien (année 244). — Poids de la pièce, 3gr,5.

Inscription : IMP. M. IUL. PHILIPPUS AUG., et au revers : ANTONA AUG. G., et une femme debout, tenant une corne d'abondance.

Argent	43,46
Cuivre	55,24
Étain, Or	1,30
	100,00

Médaille d'Otacilia, femme de Philippe l'Arabe. — Poids, 3gr,165.

Inscription : M. OTACIL. SEVERA AUG., et au revers : CONCORDIA AUG. G., et l'image de la Concorde assise.

Argent	37,91
Cuivre	60,26
Étain, Or	1,83
	100,00

Monnaie de Décius (année 251 environ). — Poids de la pièce, 3gr,768.

Inscription : IMP. C. M. Q. TRAJANUS DECIUS AUG., et au revers : VICTORIA AUG., et l'image d'une Victoire.

Argent	39,65
Cuivre	58,89
Étain, Or	1,46
	100,00

Monnaie de Valérien (année 253 environ). — Poids de la pièce, 3gr,13.

Inscription : IMP. C. P. LIV. VALERIANUS AUG.

Argent	22,90
Cuivre	73,80
Étain	3,30
Or	traces
	100,00

On voit que l'altération du titre des monnaies d'argent est prodigieusement rapide. Les monnaies d'or elles-mêmes, qui, pendant longtemps, avaient été faites d'or pur et qui pendant le deuxième siècle et le commencement du troisième avaient un titre voisin de 940 ou 950 millièmes, ne sont plus, à la fin du troisième siècle, que des monnaies d'*électrum* riches en cuivre. Ainsi on trouve dans une monnaie de l'année 265 (1) :

(1) D'après Lenormant, *loc. cit.*, t. I, p. 203, et Mommsen, *Histoire de la monnaie romaine*, t. III, p. 294.

Argent	15,94
Or	1,33
Cuivre	82,73
	100,00

et dans une autre pièce, dorée à la surface, de l'année 267 :

Argent	17,28
Étain	0,65
Cuivre	82,07
	100,00

A partir de l'année 268, il n'y a même plus d'argent, et les pièces d'or ne sont plus que des monnaies de cuivre doré.

Les monnaies d'argent deviennent alors de simples pièces de cuivre ou de bronze qui ne sont même pas *argentées*, mais étamées, comme l'indique l'analyse suivante donnée par Klaproth (*loc. cit.*).

Monnaie de Gallien (année 268 environ). — Poids de dix pièces de cette monnaie, $12^{gr},32$.

Inscription : GALIENUS AUG.

Argent	0,54
Cuivre	95,36
Étain	4,10
	100,00

La comparaison des résultats de toutes ces analyses peut conduire à faire plusieurs remarques.

D'abord, ces monnaies et médailles romaines contiennent presque toutes un peu d'or. On doit admettre que la présence de ce métal est accidentelle et qu'elle est due à l'imperfection des procédés d'affinage des anciens. On a vu plus haut que nos anciennes pièces de la première République contenaient aussi quelques millièmes d'or, et l'on ne doit pas s'étonner d'en rencontrer des traces dans les monnaies romaines. Il faut donc dans les calculs ajouter l'or à l'argent pour avoir le titre de l'alliage, ou plutôt sa valeur réelle.

On remarque aussi presque constamment la présence d'un peu d'étain. Ce fait doit tenir encore à une purification imparfaite du cuivre employé pour la confection de ces monnaies, ou bien à ce fait qu'on avait utilisé du bronze ou mélangé des fragments de cet alliage au cuivre. A une époque plus récente, on a converti en grande partie le métal des cloches en canons et en pièces de monnaie sous notre première République. Des faits analogues ont pu se produire à Rome ; il suffit même de supposer que cette introduction ait été faite une seule fois, car à différentes époques de nouvelles pièces étaient fabriquées en faisant fondre les anciennes dont les caractères se trouvaient trop effacés, et l'étain, mélangé dans une première émission, se retrouvait alors dans les pièces obtenues plus tard.

Mais la comparaison des résultats précédents met surtout en évidence la différence du titre des alliages monétaires. Tandis que le denier romain du temps de la République (environ 250 ans avant notre ère) était formé d'argent à peu près pur (0,15 pour 100 de cuivre), nous rencontrons des pièces des premiers empereurs qui contiennent de 12 à 20 pour 100 de cuivre en moyenne; cette période va jusqu'au règne de Commode (environ 180 de notre ère) et dure environ un siècle et demi. Puis, à partir de cet empereur, la proportion de cuivre va en croissant; elle atteint d'abord 32 pour 100, puis 50, puis 65, et même 75 pour 100, sous Alexandre Sévère et Valérien (238 et 253). Enfin, les monnaies de Gallien (268) sont formées de cuivre, ou plutôt de bronze pur, contenant seulement 1/2 pour 100 d'argent, c'est-à-dire une quantité qui est certainement accidentelle et qui tient à une purification incomplète du cuivre ou du bronze employés.

Bien que Pline nous apprenne que, sous la République, le tribun Livius Drusus avait fait mélanger l'argent avec un huitième de cuivre, et qu'un autre avait ajouté du fer, cette affirmation n'est pas confirmée par les analyses, et l'on doit considérer l'altération des titres des monnaies par l'introduction des quantités croissantes et tout à fait exagérées du cuivre comme caractéristique de la période des empereurs du deuxième et du troisième siècle. Il n'y a pas non plus de raison de croire que cette introduction ait été imaginée dans le but d'augmenter la dureté des alliages et, par conséquent, d'améliorer la fabrication, même jusqu'en 180, pendant la période où cette addition de cuivre ne dépassait pas la limite raisonnable.

On doit certainement attribuer cette pratique uniquement à la nécessité où se trouvaient les empereurs de faire face à des dépenses qui augmentaient toujours, tandis que le trésor s'épuisait constamment. Les empereurs faisaient ainsi de la fausse monnaie, laquelle, à poids égal, conservait la même valeur que les anciennes pièces d'argent pur. Ce fait est un des signes les plus manifestes de la décadence de l'empire.

D'ailleurs, en même temps que les empereurs retiraient ainsi peu à peu tout l'argent contenu dans les monnaies d'argent, et recueillaient le profit de cette opération frauduleuse, ils avaient soin de respecter le titre des monnaies d'or qui continuaient à être frappées avec de l'or à peu près pur jusqu'au milieu du troisième siècle, et ils ordonnaient de ne faire percevoir les revenus du trésor qu'en monnaie d'or.

Cependant, comme les alliages d'argent et de cuivre sont d'autant moins blancs que la proportion de cuivre est plus grande, et qu'au delà de 50 pour 100 de cuivre, l'alliage a une couleur très différente de celle de l'argent pur, on prenait la précaution de soumettre la surface des pièces à une cémentation artificielle qui mettait à nu une couche d'argent pur.

Puis, lorsqu'il devint nécessaire d'augmenter encore la dose de cuivre, on recouvrit les pièces d'une couche d'étain, et l'on doit attribuer une grande partie de l'étain trouvée dans les monnaies des derniers empereurs à cette opération de faux monnayeur.

Cet étamage était surtout nécessaire, et est surtout sensible pour les pièces

de Gallien qui sont des monnaies de cuivre recouvert d'étain. Il se pratiquait probablement en plongeant les pièces dans de l'étain fondu (1).

Bien que les empereurs eux-mêmes en aient donné le triste exemple, dans les derniers siècles, l'altération des monnaies était considérée comme un crime par les anciennes lois romaines, qui, sur ce point, imitaient les lois égyptiennes et édictaient des peines sévères contre les faux monnayeurs.

Pline nous apprend que l'altération des monnaies était très fréquente (2). On l'obtenait soit en ajoutant du cuivre à l'argent, soit en diminuant le poids légalement établi, soit encore en remplaçant l'argent par l'étain ou un alliage de plomb et d'étain. Plusieurs auteurs pensent même qu'on fabriquait des monnaies fourrées sous les premiers empereurs romains, c'est-à-dire des pièces en fer ou encore en *plaqué* d'argent; mais il est possible que beaucoup de monnaies fourrées aient été simplement fabriquées avec des alliages peu homogènes, ou bien qu'on ait pris pour telles les pièces de Gallien dont nous avons parlé, qui étaient en cuivre recouvert d'une couche d'étain.

Cependant, d'après Lenormant (3), on rencontre des pièces véritablement fourrées, c'est-à-dire formées d'un flan de métal de peu de valeur, cuivre, fer, plomb ou étain, formant âme, et revêtu dans toutes ses parties d'une mince feuille d'argent. Le fait paraît même certain pour les pièces dont l'âme est en fer, car ce métal ne peut provenir de la liquation d'un alliage primitif d'argent, comme on a pu le supposer pour la pièce à âme de cuivre. Quelques-unes de ces monnaies sont certainement des produits des officines des faux monnayeurs; mais d'autres, très régulièrement frappées, ont dû être mises légalement dans la circulation, sans doute comme monnaies fiduciaires. D'après Mommsen (4), même sous la République, le gouvernement romain faisait, à la suite de décisions régulièrement prises par le Sénat, des émissions monétaires dans lesquelles entrait un certain nombre de pièces fourrées. A d'autres époques, on eut certainement recours à ces procédés, et nos cabinets des médailles conservent plusieurs spécimens de cette fabrication peu honnête (5). Souvent on était obligé de remplacer momentanément la monnaie véritable par des pièces dorées ou argentées, parce qu'à la suite de quelque guerre ou d'un bouleversement politique les métaux précieux manquaient.

D'après Pline, c'est pour réprimer cet abus de l'altération frauduleuse des monnaies qu'on institua officiellement par une loi l'*art d'essayer les monnaies* (*ars denarios probandi*).

La loi Lucia créa des *essayeurs* (*artifices*) spécialement chargés d'analyser les monnaies et d'en séparer les matières d'alliages. Ces essais se faisaient par la coupellation.

L'altération des monnaies était devenue tellement générale, que l'auteur de la première loi sur les essayeurs, Marius Gratidianus, en fut remercié par un

(1) Voy. Klaproth, *Ann. de chim.*, t. LXXXI, p. 97.
(2) *Hist. nat.*, 33, 46.
(3) *La Monnaie dans l'antiquité*, t. I, p. 221.
(4) *Histoire de la monnaie romaine*, t. II, p. 78 et suiv.
(5) Girardin (*Chimie élémentaire*, t. II, p. 630, en note) rapporte qu'il a fait l'examen de pièces gauloises trouvées à Avranches et qui étaient en cuivre recouvert d'argent.

témoignage spécial : on lui éleva des statues massives dans tous les quartiers de Rome (1).

De même, vers l'année 235, après les règnes de Septime Sévère, de Caracalla et d'Héliogabale, qui livraient des pièces d'argent contenant près de la moitié de leur poids de cuivre, Alexandre Sévère, qui, dans les premières années de son règne, avait lui-même fait frapper des monnaies à 74 pour 100 de cuivre, s'appliqua à rétablir l'ancien titre. Il fit dans ce but refondre toutes les monnaies. Cette bonne résolution, qui fut d'ailleurs immédiatement abandonnée par ses successeurs, lui valut le surnom de *Restitutor monetæ*, ce qui montre combien l'altération était poussée loin et combien elle était fâcheuse et nuisible pour le peuple.

Sous le règne de Dioclétien (fin du troisième siècle), on recommença à frapper des pièces d'argent et d'or de titre élevé. Effrayé du mal produit par l'altération toujours croissante des monnaies, cet empereur décida de mettre un peu d'ordre dans cette fabrication et d'arrêter la grande crise monétaire du troisième siècle. Mais cet état de choses dura peu, et, sous le Bas-Empire, on recommença à émettre des pièces fourrées ou des pièces fausses à titre peu élevé (Valentinien, Honorius, Anastase, Héraclius, etc., du quatrième au septième siècle).

C'est pendant cette période (de Dioclétien à la fin du Bas-Empire) qu'on institua des *hôtels de monnaies* dans plusieurs villes de l'empire. Chacun de ces hôtels monétaires marqua les pièces de sa fabrication d'un signe particulier, usage qui s'est transmis aux civilisations modernes et qui n'a été abandonné que très récemment en France.

Jusqu'à la fin du huitième siècle, c'est-à-dire jusqu'à l'avènement de Charlemagne, l'histoire des monnaies ne nous signale aucun fait particulier. L'époque profondément troublée qui comprend la chute de l'empire romain et nous conduit jusqu'à l'époque de Charlemagne, ne nous a laissé aucun document nouveau. Les derniers empereurs d'Occident continuaient à émettre des monnaies d'argent dont le titre était souvent très bas, et parfois des monnaies fausses ou fourrées. Les ateliers monétaires étant très nombreux, on trouve, pour la même année, des titres très différents, suivant la provenance des pièces.

Sous les Mérovingiens, la monnaie ne fut pas commune, bien que les métaux précieux fussent cependant très abondants dans les Gaules, dont les mines d'or et d'argent n'étaient pas encore épuisées. On ne frappait des pièces que dans les grandes circonstances, et l'on empruntait alors aux monnaies du Bas-Empire leur titre et leur forme. Elles portaient souvent l'effigie du prince, mais la gravure des coins est d'une grossièreté toute primitive. Insensiblement les inscriptions et emblèmes se modifiaient avec les idées et les croyances; l'Ange portant la croix remplace peu à peu la Renommée victorieuse des empereurs, et des monogrammes chrétiens, des symboles trinaires, entremêlés souvent à l'initiale du nom du souverain, des lettres réputées saintes ou fortunées, des noms de localités aujourd'hui disparues prennent

(1) En l'année 84 avant notre ère. Sylla fit d'ailleurs bientôt expier à Marius Cratidianus cette popularité ; il ordonna la destruction de ses statues et sa mise à mort.

place au droit et au revers de ces monnaies. La figure 1, qui représente une pièce d'argent de Pépin le Bref, donne une idée de ces monnaies grossières.

Les noms des localités inscrites sur les pièces, souvent par leurs initiales, sont ceux des villes où existaient des ateliers monétaires; ces hôtels de monnaies étaient très nombreux, indépendamment de la *Monnaie*, qui était installée dans le palais du roi. On a compté, sur les monnaies mérovingiennes, plus de cent noms de villes, sièges de ces ateliers monétaires. Charlemagne modifia



FIG. 1. — Monnaie d'argent de Pépin le Bref.

profondément cet état de choses. D'abord il décida qu'il n'y aurait de *monnaie* en aucun autre lieu que dans son palais. Puis il décréta que désormais on tirerait de la livre d'argent vingt-deux *sous*, de telle sorte que le sol d'argent devait contenir exactement la vingt-deuxième partie de la livre de métal (1). Il interdit l'émission de toute pièce de mauvais aloi, et ordonna de punir sévèrement les faux monnayeurs et d'accepter les espèces ayant cours légal. Les pièces de cette



FIG. 2. — Monnaie d'argent de Charlemagne.

époque (fig. 2) portent des emblèmes, des croix, des couronnes, des fleurs, ou le portrait du prince assis ou debout; elles sont d'une exécution plus parfaite que les précédentes.

C'est à la même époque que l'on remplaça les coins gravés au touret par les coins gravés au burin, qui donnent plus de finesse dans les empreintes.

Quelques années plus tard, en 864, Charles le Chauve revint sur une disposition fondamentale adoptée par Charlemagne, et ordonna que les monnaies seraient frappées non seulement dans son palais mais aussi dans plusieurs villes, notamment Rouen, Rennes, Sens, Paris, Orléans, Châlons, Narbonne. Il établit un maître ou directeur dans chaque atelier monétaire, et des officiers pour y faire la police et empêcher les fraudes et les malversations qu'auraient

(1) La livre de Charlemagne renfermait la même quantité d'argent qui forme 87 francs de notre monnaie; chaque sol équivalait donc à peu près à 4 francs (exactement 3 fr. 955). Il ne faut pas confondre la livre de Charlemagne avec l'unité monétaire appelée plus tard *livre tournois* qui équivalait à peu près à 1 franc de notre monnaie. A partir de saint Louis on appela *monnaie tournoise* ou *livre tournoise* l'unité monétaire, parce que beaucoup de pièces des rois de la première race avaient été frappées par saint Martin de Tours.

pu y commettre les employés. Ces officiers devaient s'engager par serment à ne monnayer aucun alliage qui ne fût pas *de poids*.

Aux treizième et quatorzième siècles, on trouve les livres tournois de Philippe III, qui portent un encadrement de fleurs de lis (fig. 3), les *aignels* de

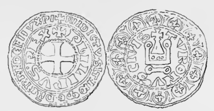


Fig. 3. — Livre tournois de Philippe III.

saint Louis et de Charles IV, sur lesquels figurent au droit un agneau et une bannière, et, au revers, des fleurs de lis.

Aux quinzième et seizième siècles, nous rencontrons des *écus* dits « à la



Fig. 4. — Écu à la couronne de Louis XI.

couronne », qui portent sur deux faces des couronnes royales et des écussons, comme ceux de Louis XI (fig. 4). Louis XII et François Ier firent graver au droit des pièces de monnaie leur portrait, d'où le nom de *testons* (du mot italien

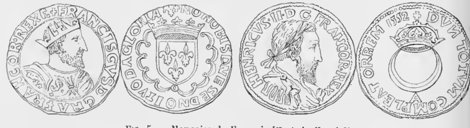


Fig. 5. — Monnaies de François Ier et de Henri II.

testone, grosse tête), usage qui s'est conservé jusqu'à nos jours. Henri II fig. 5) imagina d'ajouter au revers le *millésime*, c'est-à-dire l'âge de la pièce.

Pendant cette époque (du dixième au seizième siècle), les ateiers monétaires furent assez nombreux et disséminés dans tout le royaume; le roi les affermait. Sous François Ier, on en comptait vingt-cinq.

Depuis Charles VI et Charles VII, et dans le but de réprimer la fraude des monnaies et leur altération, on imagina des coins secrets appelés *déférents*, qui indiquaient l'atelier monétaire qui avait fabriqué la pièce, le directeur, le graveur et le titre. Une lettre servait à faire reconnaître chaque atelier moné-



Fig. 6. — Monnaie d'argent de Henri IV.

taire; sous François Ier, chaque ville était ainsi désignée par une lettre spéciale, quelques-unes par un chiffre ou une marque spéciale :

Paris, A. — Rouen, B. — Caen, C. — Lyon, D. — Tours, E. — Angers, F. — Poitiers, G. — La Rochelle, H. — Limoges, I. — Bordeaux, K. — Bayonne, L. — Toulouse, M. — Montpellier, N. — Riom, O. — Dijon, P. — Perpignan, Q. — Orléans, R. — Reims, S. — Nantes, T. — Troyes, V. — Amiens, X. — Bourges, Y. — Grenoble, Z. — Aix, &. — Rennes, 9. — Lille, W. — Metz, AA. — Strasbourg, BB. — Besançon, CC. — Marseille ℳ (A M monastique). — Pau, une vache.

Sauf celui d'Angers, qui fut supprimé bientôt, ces trente et un hôtels de monnaies subsistèrent presque jusqu'en 1772. A cette époque, il n'en restait plus que dix-sept : à Paris, Rouen, Lyon, La Rochelle, Limoges, Bordeaux, Bayonne, Montpellier, Perpignan, Orléans, Nantes, Aix, Lille, Metz, Strasbourg, Marseille et Pau. Celui d'Aix fut supprimé en 1786. La loi du 25 janvier 1793 ne conserva que celui de Paris, mais celle du 22 vendémiaire an IV en rétablit huit, particulièrement pour la monnaie de cuivre. L'arrêté du 10 prairial an XI (30 mai 1803) en organisa seize :

Paris, A. — Rouen, B. — Lyon, D. — Genève, G. — La Rochelle, H. — Limoges, I. — Bordeaux, K. — Bayonne, L. — Toulouse, M. — Perpignan, Q. — Nantes, T. — Turin, U. — Strasbourg, BB. — Gênes, CL. — Marseille, ℳ. — Lille, W (1).

En 1852, il existait encore en France sept hôtels monétaires. En 1857, on ne conserva que : Paris, A. — Strasbourg, BB. — Bordeaux, K.

(1) Pendant les dernières années du règne de Napoléon, de 1812 à 1813, on frappait aussi des monnaies à Rome (R surmonté de la couronne impériale), et à Utrecht, qui portait comme marque particulière *un mât*.

Aujourd'hui la fabrication d'espèces d'or et d'argent et des pièces de billon est centralisée à la Monnaie de Paris, depuis la mise en vigueur de la loi du 31 juillet 1879.

On sait que les anciennes législations d'Égypte, de la Grèce et de Rome édictaient des peines sévères contre les faux monnayeurs. Successivement, Childéric III (744), puis Louis le Débonnaire et Charles le Chauve ordonnèrent que celui qui serait convaincu de ce crime aurait le poing coupé. Presque tous les rois se préoccupèrent de cette fraude, qui, à certaines époques, fut une grande cause d'inquiétude et de trouble dans les échanges commerciaux. Cette industrie peu honnête avait en réalité plusieurs causes, et ne disparut à peu près complètement que lorsque ces causes cessèrent.

L'une d'entre elles, et peut-être la plus grave, était l'imperfection des procédés employés pour vérifier le titre des monnaies; l'art de l'essayeur ne connaissait que quelques méthodes peu précises, et l'essai des monnaies n'était pas régulièrement organisé par l'État comme il l'est aujourd'hui ni considéré comme un service public.

Une autre cause, très importante aussi, était l'imperfection de la fabrication. Le titre même des monnaies n'était pas garanti, et les pièces qui devaient être d'or et d'argent purs, n'atteignaient jamais un titre très élevé, sans que jamais la proportion du métal précieux se trouvât la même dans deux émissions consécutives. Et non seulement la valeur réelle de l'alliage et la quantité d'argent et d'or restaient incertaines, mais l'art de frapper les pièces était aussi très imparfait; les *coins* n'avaient pas une dureté suffisante et donnaient des empreintes sans netteté; les deux faces étaient frappées successivement, et, enfin, la *tranche* de la pièce ne portait aucune marque.

Toutes ces circonstances favorisaient l'industrie des faux monnayeurs, parce qu'ils pouvaient, à peu de frais, installer une fabrication qui fournissait des pièces ayant la même apparence que les pièces officielles. Ce n'est qu'au commencement du règne de Louis XIV que Nicolas Briot inventa le *balancier*, qui marque du même coup les deux faces des pièces de monnaie; c'est seulement en 1685 que Custaing imagina la machine qui sert à marquer la tranche.

Mais la cause principale, qui a le plus contribué à développer le faux monnayage et à en faire un véritable fléau pour le peuple, c'est l'exemple que donnaient les princes eux-mêmes de cette pratique coupable.

L'histoire est remplie de preuves de ce fait; elle nous montre constamment les rois occupés à offrir d'une main au public des pièces à bas titre et à punir de l'autre les faux monnayeurs qui tentaient de les imiter. En France, particulièrement, Philippe le Hardi, Philippe le Bel, surnommé le Faux monnayeur, Philippe de Valois, Jean II, Charles VI. Et comme ces princes avaient besoin de la connivence des officiers des monnaies, ils avaient soin d'acheter leur silence en leur donnant leur charge. « Sur le serment que vous avez fait au roy, dit Philippe de Valois dans une de ses ordonnances, tenez cette chose secrète le mieux que vous pourrez. Si aucun demande à combien les blancs sont de loy, feignez qu'ils sont à six deniers (1). »

(1) Hœfer, *Histoire de la chimie*, t. I, p. 498, d'après J. Boizard, *Traité des monnoyes*, Paris, 1696, p. 278 et 67.

On rencontre même des princes qui, plus soucieux sans doute de retrouver l'estime du peuple que de céder aux reproches de leur conscience, reconnaissent publiquement qu'ils ont altéré les monnaies et affirment que leur dessein est, à l'avènir, d'en émettre de bon aloi. Ainsi, en 1295, une ordonnance de Philippe le Bel porte : « Le roy estant à Paris, ayant affoibly les monnoyes en poids et loy, espérant encore les affoiblir pour subvenir à ses affaires, et connoissant estre chargé en conscience du dommage qu'il avoit fait et feroit porter à la république pour raison de cet affoiblissement, le roy s'oblige, par charte authentique, au peuple de son royaume, que, ses affaires passées, il remettra la monnoye en bon ordre et valeur, à ses propres cousts et despens, etc... » — De même, le roi Jean II, en 1355, promettait « que lui et ses successeurs feroient d'oresnavant perpetuellement bonne monnoye et stable ».

Les rois de France n'avaient qu'une excuse, c'est qu'ils n'étaient pas les seuls à livrer à leur peuple de la fausse monnaie. En Angleterre, en Russie, en Espagne, l'altération des monnaies est pratiquée comme en France. D'après Saint-Clair Duport (*Production des métaux précieux*), à Mexico, lorsqu'on donnait à un essayeur des monnaies son diplôme, on lui remettait, en l'obligeant à faire serment de n'en point parler, un poids d'essai pour l'argent du monnayage, qui, bien que marqué comme correspondant à onze deniers, n'équivalait véritablement qu'à dix deniers et vingt grains. On soustrayait ainsi dix millièmes environ, soit 1 pour 100 de la valeur.

L'analyse des différentes monnaies d'argent frappées avant la fin du dix-septième siècle a conduit aux mêmes résultats et aux mêmes comparaisons que celles des monnaies grecques et romaines ; le titre des pièces les plus riches en argent ne dépasse guère 950 millièmes, et se maintient généralement un peu au-dessous de cette limite.

A partir du règne de Louis XIV, la fabrication est plus régulière, et le faux monnayage particulier cesse ou devient négligeable, précisément parce que les causes que nous en avons données pour les siècles antérieurs cessent elles-mêmes.

On trouvera, dans l'ouvrage souvent cité de Roswag, les *Métaux précieux* (pl. VIII et IX), des gravures héliographiques représentant, avec une exactitude que la gravure ne saurait atteindre, neuf types de pièces d'argent, de 1682 à 1802. Les titres de ces monnaies sont :

Écu blanc de Louis XIV de 1682 (27gr,40).......	917	millièmes.
Demi-écu Louis XIV de 1704 (13gr,20)...........	917	—
Autre demi-écu Louis XIV de 1709 (15gr,30).....	917	—
Louis d'argent de Louis XV de 1724 (23gr,50)....	917	—
Écu de 6 livres Louis XV de 1740 (29gr,40)......	911	—
Écu de 6 livres de Louis XVI de 1789 (29gr,50)...	911	—
Écu de 6 livres de 1792 (29gr,50)...............	911	—
Écu de 6 livres de la République de 1793 (29gr,50).	911	—
Écu de 5 francs de la République, type Hercule, de 1802 (25 grammes).......................	900	—

Citons encore quelques autres résultats d'analyses publiés par Thomson (1),

(1) *Ann. de chim.*, t. LXXI, p. 113 et suiv. (1809).

et qui se rapportent à des pièces d'argent de la même période (dix-septième et dix-huitième siècles) et d'autres pays :

Écu d'Autriche, de 1612, pesant 23gr,677 :

Argent	90,47
Cuivre	9,38
Or	0,09
	99,94

Demi-couronne anglaise, de 1671, pesant 11gr,708 :

Argent	91,26
Cuivre	7,71
	98,97

Monnaie du canton de Berne, de 1717, pesant 3gr,877 :

Argent	78,77
Cuivre	21,22
	99,99

Piastre d'Espagne de Louis Ier, de 1724, pesant 4gr,541 :

Argent	83,04
Cuivre	15,20
	98,24

Piastre d'Espagne de Philippe V, de 1740, pesant 5gr,264 :

Argent	91,80
Cuivre	5,58
	97,38

Écu français de trois livres de Louis XV, de 1761, pesant 11gr,23 :

Argent	90,07
Cuivre	9,8
Or	0,14
	99,29

Monnaie piémontaise de Victor-Amédée, de 1779, pesant 7gr,195 :

Argent	90,04
Cuivre	9,96
	100,00

Monnaie de Hanovre, de 1780, pesant 2gr,679 :

Argent	51,03
Cuivre	48,39
	99,42

Demi-crusade neuve de Portugal, de 1782, pesant 6gr,213 :

Argent	88,03
Cuivre	10,25
	98,28

Monnaie russe de quinze copeks, de 1789, pesant 2gr,813 :

Argent	75,59
Cuivre	21,50
	97,09

Pièce danoise de 1789, pesant 23gr,62 :

Argent	87,87
Cuivre	12,07
Or	0,02
	99,96

Florin de Hollande, de 1791, pesant 8gr, 70 :

Argent	91,72
Cuivre	6,54
Or	0,04
	98,30

Pièce espagnole de 1801, pesant 22gr,05 :

Argent	89,28
Cuivre	10,18
Or	0,07
	99,53

Roupie russe du commencement du dix-neuvième siècle, pesant 9gr,45 :

Argent	96,06
Cuivre	2,95
	99,01

Ainsi, dans presque tous les pays, nous trouvons, pendant les dix-septième et dix-huitième siècles, des monnaies d'argent au titre de 900 millièmes environ ; les exceptions à cette règle sont peu nombreuses. Elle ne peut d'ailleurs être formulée que pour les États occidentaux, qui ont eu pendant cette période des rapports commerciaux continuels. Ainsi, Roswag cite (1) deux pièces d'argent de Cochinchine, de 1849, dont le titre est de 995 millièmes; c'est de l'argent pur. Cependant, en étudiant le titre des monnaies d'argent actuelles, nous verrons que, même dans les pays orientaux, où la civilisation s'introduit peu à peu,

(1) *Les Métaux précieux*, p. 143.

le titre admis aujourd'hui est voisin de celui qui est adopté dans presque tous les États européens.

Ce rapide résumé historique nous a conduit à la fin du dix-huitième siècle et même aux premières années du dix-neuvième, c'est-à-dire à une époque qui coïncide avec une période nouvelle. Nous trouvons en effet la loi du 18 germinal an III (7 avril 1795), puis celle du 28 thermidor an III (15 août 1795), et, enfin, celle du 7 germinal an IX (28 mars 1803), qui fondent définitivement en France le système métrique et définissent l'unité monétaire adoptée dans notre pays; c'est le point de départ de la période actuelle. Pour faire comprendre l'économie de cette législation, nous devons abandonner l'ordre chronologique.

§ 3. — Période actuelle.

La question monétaire, même en se bornant à la période actuelle, est fort complexe, soit que l'on passe en revue les divers pays civilisés qui ont adopté chacun un système monétaire différent, soit que l'on prenne chez les principaux peuples les points communs de leur législation.

Au début même de cette étude nous rencontrons une question que nous avons à peu près négligée dans les périodes anciennes, celle de l'*étalon*. En effet, un grand nombre de peuples ont adopté l'étalon d'or unique, tandis que d'autres ont préféré l'étalon d'argent, et que quelques-uns admettent le double étalon, c'est-à-dire l'or et l'argent, sans parler de ceux qui se servent de l'étalon de papier. Il est indispensable, pour se rendre compte du système monétaire actuel, de bien comprendre en quoi diffèrent ces conventions fondamentales, et quelles sont les raisons de ces préférences. Nous étudierons ensuite le système monétaire français, particulièrement la législation de notre pays concernant les monnaies d'argent, puis nous passerons en revue rapidement les systèmes monétaires étrangers. Enfin nous nous occuperons des empreintes des pièces et des conditions de monnayage.

I. — L'ÉTALON D'OR OU L'ÉTALON D'ARGENT.

Dans un système monétaire quelconque, l'*étalon* est la matière (ordinairement un métal, quelquefois un papier) qui a pleine force libératoire d'après la loi. Ainsi un pays qui adopte l'étalon d'or admet que l'or seul a pleine force libératoire, c'est-à-dire que dans les échanges le débiteur peut obliger son créancier à accepter un payement en or, tandis que les autres monnaies ne sont que des monnaies d'appoint à cours limité ou même des monnaies fiduciaires. Cette adoption d'un étalon oblige évidemment l'État à déterminer rigoureusement la valeur des pièces fabriquées avec cet étalon, de la fixer proportionnellement au poids des monnaies, d'établir par des lois le *titre* des alliages monétaires, et d'entourer de certaines garanties légales la fabrication des alliages et la frappe

des pièces de l'étalon. En outre, comme il est nécessaire pour la commodité des échanges de livrer au public d'autres monnaies, d'argent, de cuivre ou de papier, on doit aussi déterminer le rapport de valeur de ces matières à celui d'un poids égal de l'étalon, mais en spécifiant que ces monnaies n'auront pas *cours forcé* ou ne l'auront que comme *appoint*, c'est-à-dire pour une valeur maximum que l'on indique.

S'il est vrai que, conformément aux principes généraux que nous avons exposés, l'or et l'argent sont les deux seules marchandises qui remplissent à peu près les conditions demandées pour la fabrication des monnaies, il semble que le système monétaire le plus simple serait celui qui après avoir choisi l'un de ces deux métaux comme étalon considérerait l'autre et toutes les autres marchandises comme des monnaies d'appoint ou fiduciaires, et que par suite il ne devrait y avoir à distinguer que les pays à étalon d'or et les pays à étalon d'argent. Cependant un certain nombre d'États ont conservé le double étalon, la France notamment. Ces différences fondamentales que nous trouvons à la base des divers systèmes monétaires tiennent à des considérations économiques variables avec les États et les époques; cherchons à les préciser (1).

Les grandes lois monétaires françaises de l'an III (1795) et de l'an XI (1803) portent que l'unité monétaire prend le nom de *franc*, que la taille de la pièce de 1 franc sera de 5 grammes et son titre de 900 milièmes, et qu'en outre on frappera des pièces en or de 20 francs au titre de 900 millièmes et à la taille de 155 au kilogramme, ces dernières pièces ayant cours forcé comme les pièces d'argent (2). Ces lois ne font que sanctionner l'usage du double étalon adopté depuis longtemps en France.

A la même époque, d'autres pays préféraient l'étalon unique.

Ainsi en 1797, l'Angleterre décida de renoncer au double étalon et de conserver à l'or seul la pleine force libératoire, en réduisant l'argent au rôle de monnaie d'appoint à cours limité. Il est vrai que cette réforme ne fut pas immédiatement réalisée, la circulation métallique étant alors complètement arrêtée et remplacée, en Angleterre, par des billets de banque non convertibles, qui avaient par conséquent cours forcé. Ce système provisoire se prolongea jusqu'en 1821, et ce ne fut qu'à partir du 21 mai de cette année que la réforme monétaire décrétée en 1797, puis une seconde fois en 1816, put recevoir son exécution Depuis cette époque, l'Angleterre a conservé l'étalon unique d'or.

Le Portugal a adopté la même réforme en 1854.

Au contraire, la Hollande remplaça, le 26 novembre 1847, la double circulation monétaire d'or et d'argent au rapport de 1 à 15,873 par l'étalon unique d'argent.

(1) Données empruntées à l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (1888), p. 316 et suiv. et à l'ouvrage de M. A. Costes, ancien sous-directeur des monnaies et médailles, intitulé : *Notes et tableaux pour servir à l'étude de la question monétaire* (1884).

(2) La taille de la pièce de 20 francs en or étant de 155 au kilogramme, le poids d'une pièce d'or de 20 francs est donc de 1000 grammes divisés par 155, soit 6gr,45161. D'autre part 1 franc d'argent pèse 5 grammes et 200 francs d'argent 1 kilogramme; 1 kilogramme d'or monnayé (à 900 millièmes) vaut donc exactement 15,5 fois autant que 1 kilogramme d'argent monnayé (à 900 millièmes). C'est ce rapport 15,5 admis par la loi du 5 germinal an XI qui lui a permis de fixer la taille de la pièce d'or.

Cet exemple fut suivi par la Belgique, l'Autriche, la Prusse et les autres États de la Confédération germanique.

Plusieurs de ces pays ont modifié plus récemment la base de leur système monétaire, soit en revenant au double étalon, soit en adoptant l'étalon d'or.

La plupart des États que nous venons de citer comme ayant abandonné le double étalon pour prendre l'étalon d'argent, ont décrété cette réforme vers 1850, précisément à l'époque de la découverte des riches mines d'or de la Californie (1848) et de l'Australie (1851), effrayés par la quantité énorme d'or jeté sur le marché par ces nouvelles exploitations. L'or étant avant tout une marchandise, sa très grande et subite abondance fut immédiatement suivie d'une dépréciation très sensible, et comme, d'après les principes généraux exposés plus haut, la monnaie doit avoir la même valeur que celle du métal précieux qu'elle renferme, il en résultait que les pièces d'or n'avaient plus la valeur qu'elles possédaient au moment de la frappe et devenaient en partie fiduciaires ; or les économistes sont unanimes pour admettre qu'une monnaie fiduciaire ne peut avoir cours forcé.

A ce moment des efforts furent tentés en France en vue d'obtenir la même réforme, et on proposa de remplacer le double étalon d'or et d'argent de la République par l'étalon unique d'or, comme le faisaient la Hollande, la Belgique et d'autres États. Mais il arrive fréquemment en économie politique que les conséquences véritables d'un événement tel que celui que nous venons de rapporter (abondance subite de l'or sur le marché et sa dépréciation) ne sont pas celles qui paraissent les plus naturelles, et beaucoup d'économistes conseillèrent, au contraire, de profiter de la baisse de l'or pour en faire le seul étalon, pensant que cette production exagérée du métal précieux n'aurait qu'un temps et serait limitée très naturellement par les besoins du marché. Enfin d'autres furent d'avis de conserver au moins provisoirement le double étalon établi par la loi de l'an XI, et d'attendre pour juger l'effet produit dans les autres États par la réforme monétaire ; cette opinion avait surtout pour elle l'avantage de ne pas introduire trop fréquemment des changements dans les lois fondamentales des monnaies, changements qui amènent toujours des troubles dans les relations commerciales.

C'est ainsi que la question monétaire a été posée en France, et depuis quarante années elle est à l'étude sans qu'on ait pu se décider à remplacer la loi de l'an XI par l'établissement d'un étalon unique.

Cependant le mal allait s'aggravant chaque jour, et en réalité son origine était double. D'abord l'abondance de l'or avait pour résultat de diminuer sa valeur et d'altérer en fait le rapport légal de 15,5 entre les deux métaux ; il en résultait que l'argent faisait prime, quatre pièces en argent de 5 francs ayant en réalité une valeur un peu supérieure à celle d'une pièce de 20 francs (1).

(1) Cette première cause n'aurait pas suffi cependant pour donner à la question monétaire la gravité qu'elle a prise dans ces dernières années, parce que très peu de temps après la révolution survenue dans le marché de l'or, un événement analogue (la découverte des mines de Nevada et la production meilleure des autres mines d'Amérique) a produit le même résultat pour le marché de l'argent, de sorte que le rapport légal 15,5 n'est pas aujourd'hui très éloigné du rapport de valeur réelle. L'abaissement simultané de la valeur des deux mé-

En outre, un autre fait contribuait à rendre fâcheuse la situation des pays à double étalon, c'est l'absorption toujours plus grande de l'argent occidental par les pays d'Orient. Il y a là un phénomène économique de la plus haute importance pour la question monétaire.

Pline appelait déjà l'extrême Asie : « Le puits de l'argent, la fosse où va s'enterrer le métal blanc ». Cet historien estimait à 100 millions de sesterces, environ 20 millions de francs de notre monnaie, la quantité d'argent qui passait ainsi tous les ans d'Europe en Asie. Humboldt, au commencement de ce siècle, l'évaluait à 125 millions de francs, et depuis, chaque année, les relations commerciales se développant sans cesse avec les pays d'Orient, cette valeur a augmenté régulièrement. C'est que le commerce avec ces peuples ne ressemble en rien à celui des pays d'Occident entre eux ; l'Européen exporte très peu en Extrême-Orient, tandis qu'il apporte des Indes et de la Chine une quantité prodigieuse de produits dont il paye la valeur, de sorte que les échanges ne se font pas entre des marchandises par l'intermédiaire des monnaies, mais entre leurs marchandises et nos monnaies. Et ce qui est particulièrement grave, c'est que le pays orientaux n'ont jamais admis et n'admettent encore aujourd'hui que les payements en argent, non pas en or ; ce sont des pays à étalon d'argent.

Ces deux causes combinées ont pour résultat un drainage continuel des monnaies d'argent européennes.

La plupart des États occidentaux furent conduits à adopter des mesures énergiques pour combattre ces effets, même les États qui restaient fidèles au double étalon.

En Suisse, une loi fédérale du 21 janvier 1860 réduisit de 900 à 800 millièmes le titre des pièces de 2 francs, de 1 franc et de 50 centimes, conservant seulement au titre de 900 millièmes les pièces de 5 francs.

La même année, la Russie abaissa le titre de ses monnaies divisionnaires d'argent de 868 à 750 millièmes. Une mesure analogue fut adoptée en 1862 par l'Italie, qui conservait seulement les pièces de 5 francs au titre de 900 millièmes et abaissait les autres monnaies d'argent au titre de 835 millièmes.

En France, une commission nommée le 15 juin 1861 avait également proposé l'adoption du titre de 835 millièmes pour les pièces divisionnaires, en maintenant seulement les pièces de 5 francs d'argent à 900 millièmes ; mais le gouvernement hésitait à entrer dans cette voie.

L'adoption d'une pareille mesure était destinée à remédier bien simplement à la crise monétaire : Supposons en effet que la dépréciation de l'or sur le marché soit exactement de 1 dixième par rapport à l'argent. Il en résultera que le poids d'or que l'on échangeait anciennement contre 900 grammes d'argent équivaudra seulement à 810 grammes de ce dernier métal. L'étranger qui nous apporte ou nous envoie des marchandises aura donc intérêt à prendre notre argent plutôt que notre or ; mais cet intérêt n'existera plus le jour où l'or aura

taux ne peut avoir aucune conséquence fâcheuse pour les relations commerciales dans les pays à double étalon, le seul résultat qu'il peut produire est qu'un objet que l'on achetait 1 franc peut être vendu un peu plus ou un peu moins, c'est-à-dire que le *prix* des objets augmente ; mais ce résultat ne trouble en rien le système monétaire, il oblige seulement l'État à frapper un plus grand nombre de pièces.

abaissé le titre des monnaies d'argent de 900 à 810 millièmes, sans en changer ni le poids ni la valeur légale. Il faut cependant reconnaître que le remède ne serait tout à fait efficace que si la réduction du titre portait uniformément sur toutes les pièces d'argent; mais procéder ainsi équivaudrait en réalité à l'adoption de l'étalon unique d'or, puisque cette réduction ou cette augmentation du titre des pièces d'argent serait établie de manière à maintenir une concordance absolue entre la valeur des monnaies d'argent et celles d'or. De plus, les grandes lois monétaires de la République, notamment la loi de l'an III, avaient cherché à mettre en harmonie le système monétaire et le système métrique décimal en fixant à $\frac{1}{10}$ d'alliage la quantité de cuivre admis dans les monnaies; modifier ce titre pour toutes les pièces en adoptant un rapport d'alliage plus compliqué tel que $\frac{19}{100}$ ou $\frac{165}{1000}$, eût été détruire en partie la simplicité de ces grandes institutions monétaires.

Aussi la Suisse et l'Italie avaient excepté de leur mesure les pièces de 5 francs en argent qui seules restaient à 900 millièmes.

Le gouvernement français présenta en 1864 un projet de loi abaissant à 835 millièmes le titre des pièces d'argent, celles de 5 francs exceptées; mais ce projet fut amendé par le pouvoir législatif, qui, le 25 mai 1864, autorisa cet abaissement du titre seulement pour les pièces d'argent de 50 et de 20 centimes.

Pendant ce temps, la Belgique, qui en 1850 avait adopté l'étalon unique d'argent, était revenue en 1861 sur cette mesure et avait repris le double étalon. A la suite de la loi française de 1864, elle provoqua la réunion d'une conférence monétaire entre la Belgique, la France, l'Italie et la Suisse. Cette conférence aboutit à la convention du 23 décembre 1865 qui a constitué ce qu'on est convenu d'appeler l'*Union latine*. La Grèce a adhéré à cette Union le 18 novembre 1868.

Cette convention monétaire de 1865 a été promulguée le 20 juillet 1866 et a reçu son exécution du 1er août 1866 au 31 décembre 1879. Elle a été remplacée par une seconde convention monétaire conclue le 5 novembre 1878 entre les mêmes États, promulguée le 30 juillet 1879 et mise en vigueur du 1er janvier 1880 au 31 décembre 1885.

Enfin, le 6 novembre 1885 une troisième convention monétaire a été conclue entre la France, l'Italie, la Grèce et la Suisse.

La Belgique n'a adhéré que le 12 décembre 1885 à cette nouvelle Union qui a été promulguée le 30 décembre 1885 et qui existe depuis le 1er janvier 1886 (1), et sera en vigueur jusqu'au 1er janvier 1891. Nous reproduirons plus loin le texte de cette dernière convention.

Les principales dispositions communes de ces trois grandes conventions monétaires successives sont :

L'établissement du double étalon;

La création des pièces d'or et d'argent, d'après les bases adoptées par les lois de la République française ;

(1) Plusieurs autres États, notamment l'Espagne, la Bulgarie, la Roumanie, la Serbie et la plupart des Républiques de l'Amérique du Sud ont adopté le système monétaire de l'Union latine.

L'énumération d'un certain nombre de garanties de poids et de titre relatives à la fabrication des monnaies ;

L'abaissement à 835 millièmes de fin des pièces d'argent divisionnaires (de 2 francs, 1 franc, 0 fr. 50 et 0 fr. 20) considérées comme pièces d'appoint n'ayant cours légal que jusqu'à concurrence de 50 francs pour chaque payement (1).

Certaines dispositions relatives à la limitation du nombre des pièces d'argent, particulièrement des pièces de 5 francs.

Cependant l'accord établi entre ces États pour l'établissement d'un système monétaire n'a pas été obtenu sans de longues discussions et de grands efforts. On retrouve la trace de ces difficultés dans les procès-verbaux des conférences qui ont arrêté les termes des trois conventions et aussi dans les travaux d'autres commissions qui de 1865 à 1885 ont été spécialement instituées pour l'étude des questions monétaires.

En 1867 (le 17 juin), une conférence internationale, dans laquelle dix-huit États étaient représentés, se réunit à Paris (2) ; elle avait été précédée de la réunion d'une Commission française nommée par le ministre des finances et chargée de préparer le terrain de la discussion de la conférence. L'opinion de la Commission française s'est trouvée très différente de celle de la conférence.

La Commission maintenait le système du double étalon (3), auquel elle trouvait l'avantage de modérer l'écart entre les deux métaux, de favoriser le commerce avec les pays orientaux qui n'admettent que l'argent, et de respecter la liberté des contrats qui donnent aux débiteurs la faculté alternative de payement.

La conférence au contraire, cherchant surtout à unifier les systèmes monétaires, décida, à une grande majorité, que l'on devait adopter l'étalon d'or, en prenant pour base la pièce de 5 francs en or, au titre de 9 dixièmes. Elle laissait d'ailleurs à chaque État la faculté de prendre transitoirement l'étalon d'argent.

Une nouvelle commission française fut nommée par le ministre des finances en 1868. Elle adopta entièrement les vues de la grande conférence internationale de 1867, adoptant l'étalon d'or (4), proposant seulement de conserver la pièce de 5 francs d'argent en en limitant la fabrication et en fixant à 100 francs le maximum obligatoire dans les payements.

Le conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie, consulté également à la fin de 1869, admettait aussi l'étalon d'or, mais proposait cependant de conserver la pièce de 5 francs en argent sous certaines conditions.

Fort de ces avis, le gouvernement français entreprenait d'obtenir des diffé-

(1) L'étalon d'argent n'est ainsi réellement maintenu que pour les pièces de 5 francs qui seules parmi les monnaies d'argent conservent la pleine force libératoire.

(2) Autriche, Grand-Duché de Bade, Bavière, Belgique, Danemark, États-Unis, France, Grande-Bretagne, Italie, Pays-Bas, Portugal, Prusse, Russie, Suède, Norvège, Suisse, Turquie, Wurtemberg.

(3) Cet avis n'avait été adopté qu'à la majorité de cinq voix contre trois.

(4) L'opinion de la Commission de 1868 sur ce point est très nette : « Attendu, dit-elle, que toute équation légale et permanente entre la valeur des deux métaux, soumis, chacun de leur côté, aux variations de l'offre et de la demande, est en flagrante contradiction avec les principes de l'économie politique et avec la nature même des choses ». On ne peut mieux montrer combien le système du double étalon est peu rationnel.

rents États, particulièrement de ceux qui avaient pris part à la conférence de 1867, une adhésion officielle, lorsque les événements de 1870 sont venus interrompre ces négociations.

Depuis cette époque, en 1873, l'Allemagne qui avait auparavant l'étalon d'argent adopta l'étalon d'or. La Suède, la Norvège, le Danemark et les États-Unis suivirent son exemple. Il en résulta immédiatement que des quantités énormes d'argent démonétisé furent amenées sur le marché, et une baisse considérable de ce métal en fut la conséquence, baisse augmentée encore par la production toujours plus grande des mines d'argent.

On vit alors les divers États à double étalon limiter d'abord, puis suspendre la frappe de la pièce de 5 francs d'argent, et provoquer de nouveau des conférences monétaires.

Il y en eut deux qui furent réunies à Paris, l'une au mois d'août 1878 (1), l'autre au mois d'avril 1881 (2).

En outre la question de l'étalon fut discutée dans les deux conférences de l'Union latine de 1878 et de 1885.

Le système monétaire actuellement adopté dans tous les États de l'*Union latine* (France, Grèce, Belgique, Italie et Suisse), d'après la dernière convention du 6 novembre 1885, ne diffère pas beaucoup de celui fixé par la première convention de 1865. Nominalement la base du système est le double étalon, mais avec des restrictions telles pour l'argent, que l'on peut considérer ce régime monétaire comme intermédiaire entre celui de l'étalon d'or et celui de l'étalon d'argent.

Pendant cette période la plupart des autres pays ont conservé leur système monétaire, sauf les exceptions signalées pour l'Allemagne, la Suède, la Norvège, le Danemark et les États-Unis. Actuellement on peut classer les différents États du monde civilisé d'après la nature de leur régime monétaire ; les uns adoptent l'étalon d'or, d'autres l'étalon d'argent, d'autres encore les deux étalons (3). Nous reviendrons plus loin sur ces différences.

Mais on doit se demander pourquoi elles existent encore, alors que la question de l'étalon a été discutée sous toutes ses faces dans presque tous les pays, et que le développement donné aux transactions internationales rend tous les jours plus nécessaire l'unification des systèmes monétaires. C'est qu'en réalité la question n'est pas simple et que sa solution dépend à la fois des conditions économiques des divers pays, et aussi pour chaque peuple des circonstances spéciales variable d'une époque à l'autre.

Il en résulte que les négociateurs de la convention de 1885 ne se trouvaient pas exactement en présence des mêmes difficultés que leurs prédécesseurs, et qu'ils n'ont pu, par conséquent, profiter qu'en partie des travaux de leurs

(1) Étaient représentés : l'Autriche-Hongrie, la Belgique, les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne, la Grèce, l'Italie, les Pays-Bas, la Russie, la Suède, la Norvège et la Suisse.

(2) L'Allemagne, l'Autriche-Hongrie, la Belgique, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne, les Indes britanniques, le Canada, la Grèce, l'Italie, les Pays-Bas, le Portugal, la Russie, la Suède, la Norvège et la Suisse avaient des représentants.

(3) Consulter le tableau publié par H. Costes (*loc. cit.*), p. 180 à 183.

devanciers. Pour préciser, examinons pendant la période de 1860 à 1885 quels ont été les grands événements économiques dont on a dû tenir compte :

Vers 1860, l'effet produit par l'exploitation des nouvelles mines d'or d'Australie et de Californie (1851) était complet; il se traduisait par une baisse sensible de l'or. Il semblait donc que l'on devait à ce moment choisir de préférence l'étalon d'argent. Mais, quelques années plus tard, la découverte des prodigieux filons argentifères de Comstock (Nevada) amenait sur les marchés des quantités énormes d'argent, et par suite déterminait une baisse rapide du métal blanc. Cette baisse s'accentua encore sous l'influence des perfectionnements apportés dans la métallurgie américaine de l'argent. Ces événements nouveaux ayant produit tout leur effet vers 1865, l'argent se trouvait alors avoir repris à peu près la même valeur par rapport à l'or que celle fixée par nos lois monétaires fondamentales (1 : 15,5), les deux métaux ayant éprouvé successivement l'un et l'autre une baisse équivalente. Mais, en 1873, la démonétisation de l'argent en Allemagne et dans quelques autres pays et la suspension de la frappe de la monnaie d'argent dans les États de l'Union latine amenaient une nouvelle baisse d'argent; ce résultat avait amené dans le marché des métaux précieux de grandes perturbations, qui n'étaient pas encore calmées en 1875 ou 1878. A ce moment de nouveaux perfectionnements apportés dans la métallurgie de l'argent provoquèrent encore une production plus abondante et par suite une nouvelle baisse (1).

Ce dernier fait était encore rendu plus grave par une diminution sensible du rendement des mines d'or qui avait lieu simultanément; aussi la production d'argent en trente ans, de 1855 à 1885, a triplé, tandis que celle de l'or a diminué d'un quart pendant la même période. Enfin une autre grande cause permanente du renchérissement de l'argent que nous avons déjà signalée, l'absorption du métal blanc par les pays d'Orient, s'est beaucoup exagérée pendant ces dernières années, et a, dans une certaine mesure, compensé les causes de dépréciation de l'argent. Ce renchérissement est surtout la conséquence des expéditions entreprises par plusieurs États occidentaux dans les différentes régions de l'Asie, expéditions qui ont pour résultat immédiat d'ouvrir davantage ces pays à notre civilisation et par suite de provoquer des importations de produits orientaux dans nos contrées, tandis que notre argent, qui en est le prix, est

(1) D'après le statisticien allemand Stoëtbeer, la production moyenne annuelle de l'or et de l'argent aurait été :

	Quantités moyennes annuelles		Parts proportionnelles en quantités spécifiques	
	(en kilogrammes). Or	(en kilogrammes). Argent	de l'or.	de l'argent.
De 1851 à 1855.........	199 388	886 115	18,4	81,6
1856 à 1860.........	201 750	904 990	18,2	81,8
1861 à 1865.	185 057	1 101 150	14,4	85,6
1866 à 1870.........	195 026	1 339 085	12,7	87,3
1871 à 1875.........	173 904	1 969 425	8,1	91,9
1876 à 1880.........	172 414	2 450 252	6,6	93,4
1881 à 1885....	149 137	2 861 709	5,0	95,0

(*Revue scientifique*, 22 décembre 1888, p. 813.)

absorbé; on doit aussi l'attribuer en partie à certaines circonstances accidentelles, telles que la maladie des vers à soie en Europe, qui nous a obligés à recourir aux soies orientales, la révolte des Cipayes en 1857 qui a rendu nécessaire l'envoi de sommes considérables en argent dans l'Inde, la guerre civile de l'Amérique du Nord en 1862-1865, qui a contraint les Européens à rechercher les cotons de l'Inde, etc... Telles sont les principales causes qui ont contribué à faire augmenter ou diminuer la valeur absolue de l'argent pendant ces trente dernières années; quelques-unes il est vrai agissent en sens contraire et une compensation peut avoir lieu dans une certaine mesure; mais on conçoit qu'elle ne peut être absolue et que, lorsqu'elle se produit pour une époque, elle ne peut être constante.

Les mêmes raisons ou d'autres analogues peuvent aussi faire varier la valeur absolue de l'or. Nous avons vu que la production des mines d'or avait diminué de $\frac{1}{4}$ pendant ces trente dernières années (de 1855 à 1885), contrairement aux prévisions de la plupart des économistes qui prévoyaient, vers 1860 et 1865, un rendement plus grand de ce métal et une baisse correspondante (1).

En résumé, ces variations considérables de valeur absolue des deux métaux tiennent à ce fait fondamental que l'or et l'argent sont avant tout *marchandises*, c'est-à-dire des objets produits par l'industrie et ayant une valeur propre. Cette valeur est par suite soumise à la loi de l'offre et de la demande, et rien ne peut faire prévoir, par exemple, si dans dix ans l'or sera plus rare qu'aujourd'hui ou si l'argent sera moins cher.

Il semble que ces difficultés qui sont inhérentes à la nature même des monnaies auraient dû depuis longtemps faire abandonner le double étalon, comme le recommandait si nettement la Commission française de 1868 (voy. plus haut, p. 61). C'est en effet le parti qu'ont adopté beaucoup d'États. L'Union latine et plusieurs autres pays sont au contraire restés fidèles en principe au double étalon, craignant surtout un des dangers qui pouvaient résulter d'une réforme aussi radicale.

Ce danger provient de ce que parmi les pays à étalon unique, les uns ont celui d'argent et d'autres celui d'or. Il est probable que si tous les États à étalon unique avaient adopté le *même* étalon unique, par exemple l'étalon d'or, l'intérêt des États à double étalon eût été de prendre aussi l'étalon d'or. Mais du moment que les uns préfèrent l'or et les autres l'argent, s'il survient une baisse considérable sur l'un des métaux, les pays qui l'auront pris comme étalon auront leurs monnaies dépréciées, tandis que les autres auront des pièces qui feront prime au dehors. Déjà plusieurs États à étalon unique ont senti ces difficultés qui se sont traduites par des crises monétaires. Elles sont cependant moins sensibles pour quelques-uns, notamment pour les pays d'Orient, à étalon d'argent, dont le commerce international est jusqu'à présent peu développé, et pour l'Angleterre qui conserve pour elle l'étalon d'or, tandis que ses colonies ont presque toutes celui d'argent.

Outre cet inconvénient de l'étalon unique, une autre raison a fait maintenir

(1) Voy. notamment Michel Chevalier, *Cours d'économie politique*, t. III, LA MONNAIE, p. 755 et suiv. (1866).

dans les pays d'Union latine le système monétaire actuel, c'est le désir de faciliter les transactions. En effet, la monnaie d'or qui occupe un très faible volume pour une valeur relativement grande ne peut être fractionnée autant que celle d'argent ; celle-ci ne peut inversement fournir des pièces dépassant en dimensions le poids d'une pièce de 5 francs (25 grammes) ; or les transactions ordinaires nécessitent à la fois l'emploi de pièces de faible et de grande valeur ; aussi les pays à étalon d'or ont tous des pièces divisionnaires en argent ou en alliage de cuivre dont la valeur est bien moindre que celle de la plus petite pièce d'or ; quant aux pays à étalon d'argent, les payements importants s'y font ordinairement au moyen de pièces d'or dont le cours n'est pas forcé, ce qui présente de nombreux inconvénients, ou bien avec les monnaies d'argent légales qui deviennent fort encombrantes et d'un transport difficile lorsqu'il s'agit de fortes sommes. Aussi le public trouve-t-il commode d'avoir à sa disposition des pièces d'or pour les gros payements et des pièces d'argent pour les transactions moins importantes, les unes et les autres ayant cours forcé. On a dû nécessairement tenir compte de ce vœu du public dans les différentes commissions ou conférences qui ont eu à étudier en France la question du double étalon.

Enfin les réformes monétaires dans les pays de l'Union latine se compliquent encore par les conventions mêmes qui ont constitué cette Union. Si, en effet, un des pays intéressés, la France, par exemple, désirait adopter un étalon unique et se séparer des autres États, elle devrait satisfaire à toutes les conditions acceptées au début et prévues par les conférences pour le cas où la dissolution de l'Union aurait lieu. Elle devrait notamment restituer à ces États toutes leurs monnaies qu'elle détient actuellement, et accepter de même la restitution des pièces françaises qui circulent dans ces pays. L'écart qui existe aujourd'hui entre la valeur réelle des pièces d'argent et leur valeur légale rendrait ces échanges ruineux pour les uns, profitables pour les autres, suivant la nature et la quantité de ces monnaies, appartenant à chaque État, qui circulent dans les autres pays.

Telles sont les raisons principales qui ont fait maintenir les conventions fondamentales de l'Union latine, particulièrement l'adoption en principe du double étalon. Pour remédier en partie aux inconvénients de la baisse de l'argent, on n'a maintenu le cours forcé des monnaies d'argent que pour les pièces de 5 francs, et même l'article 8 de la convention de 1885 décide que le monnayage de ces pièces est provisoirement suspendu, et qu'il ne pourra être repris que lorsqu'un accord unanime se sera établi à cet égard entre tous les États contractants (1).

Cependant nous devons retenir de ce rapide résumé que le maintien du double étalon ne présente pas d'avantages et offre des dangers. C'est un principe qui doit disparaître parce que sa base est scientifiquement inexacte,

(1) Ce remède permet, il est vrai, de se soustraire aux conséquences les plus immédiates de la dépréciation de l'argent en limitant le nombre des pièces dépréciées, mais en réalité pour l'avenir il aggrave le mal, puisque en supprimant un des emplois de l'argent il détermine par lui-même une nouvelle baisse de ce métal.

comme l'a si bien montré le rapport de la commission française de 1868 que nous adopterons comme conclusion :

« Attendu que toute équation légale et permanente entre la valeur des deux métaux, soumis, chacun de leur côté, aux variations de l'offre et de la demande, est en flagrante contradiction avec les principes de l'économie politique et avec la nature même des choses..... »

II. — SYSTÈME MONÉTAIRE FRANÇAIS.

L'Assemblée nationale ayant adopté en principe, le 8 mai 1790, le système métrique décimal, la Convention s'appliqua à relier l'ensemble des monnaies françaises à ce système.

Un décret du 16 vendémaire an II (7 octobre 1793) décida que l'unité monétaire serait le centième du kilogramme, qu'il appelait *grave*, et que cette unité serait représentée :

1° Par une pièce d'argent de 10 grammes (1), au titre de 9 dixièmes de fin, appelée *républicaine ;*

2° Par une pièce d'or de 10 grammes, au titre de 9 dixièmes de fin, appelée *franc d'or.*

C'était l'application rigoureuse du système métrique décimal pour le poids et le titre.

Ce décret, par ses dispositions fondamentales, adoptait le double étalon, mais sans fixer la valeur relative de l'or et de l'argent; cependant les types des monnaies qu'il créait s'écartaient trop de ceux qui avaient été jusqu'alors en usage pour que cette réforme pût être définitivement adoptée.

Elle fut abandonnée par la loi du 18 germinal an III (7 avril 1795), qui a constitué définitivement le système métrique décimal des poids et mesures, et établi comme seule unité monétaire le *franc*, divisible en dixièmes et en centièmes.

Deux lois du 28 thermidor an III (15 août 1795) ont complété la loi de germinal. Elles établissent :

Que l'unité monétaire unique est le *franc ;*

Que le titre des monnaies d'or et d'argent est de 9 dixièmes ;

Que la pièce de 1 franc en argent est de 5 grammes, celle de 2 francs de 10 grammes et celle de 5 francs de 25 grammes;

Que les pièces d'or sont du poids de 10 grammes, et portent, en outre, l'indication de ce poids, sans aucune désignation de valeur.

D'autres dispositions concernaient les monnaies de bronze.

Dans l'application, les prescriptions de ces lois de thermidor furent immédiatement acceptées pour les pièces d'argent (2), mais on dut renoncer aux

(1) Ce poids et ce titre correspondent à une pièce de 2 francs. D'après le décret de vendémiaire, cette pièce d'argent devait avoir son quintuple (10 francs).

(2) Ces pièces avaient un poids et un titre très voisins de celui de la *livre* de l'ancienne monarchie, ce qui rendait la réforme facilement acceptable; nous avons vu que les écus de 6 livres frappés de 1789 à 1793 pesaient 29gr,50 et contenaient 911 millièmes d'argent, ce qui donne, pour le poids de la livre, 4gr,977 (au lieu de 5 grammes) au titre de 900 millièmes.

monnaies de bronze et aux monnaies d'or telles que ces lois les créaient; ces dernières, n'ayant pas de valeur déterminée, ne purent circuler.

Deux années plus tard, le Directoire soumit de nouveau la question monétaire aux délibérations du conseil des Cinq-Cents et du conseil des Anciens. Dans un rapport présenté le 17 ventôse an V, au nom de la commission des finances, au conseil des Cinq-Cents, Prieur (de la Côte-d'Or) proposait encore l'adoption de la pièce d'or unique de 10 grammes, sans valeur déterminée. Il recommandait de fixer tous les six mois, le 1er vendémiaire et le 1er germinal de chaque année, la valeur légale de la pièce d'or, d'après la moyenne du prix commercial de l'or à Paris dans les six derniers mois. Ce projet, après les observations de Bérenger (de la Drôme) et de Coupé (des Côtes-du-Nord), fut adopté par les Cinq-Cents, mais rejeté par le conseil des Anciens dans sa séance du 27 messidor an VI.

En l'an X, la question monétaire fut soumise au conseil d'État par le premier consul. Bérenger proposa encore le système de Prieur, c'est-à-dire l'étalon d'argent unique avec des pièces d'or de poids constant, mais de valeur variable. Ce projet fut combattu par le ministre des finances Gaudin, qui fit adopter la plupart de ses idées par la loi du 7 germinal an XI (28 mars 1803). Cette loi fixe d'abord le poids et le titre de l'unité monétaire, le franc :

« Cinq grammes d'argent, au titre de neuf dixièmes de fin, constituent l'unité monétaire, qui conserve le nom de *franc*. »

En outre, elle ordonne la frappe :

1° De monnaies d'argent de 1/4 de franc, de 1/2 franc, de 3/4 de franc, de 1 franc, de 2 francs et de 5 francs ;

2° De pièces d'or de 20 et de 40 francs au titre de 9 dixièmes de fin et à la taille de 155 au kilogramme pour les premières et 77 1/2 au kilogramme pour les secondes, ce qui établit entre la monnaie d'or et la monnaie d'argent le rapport fixe de valeur 15 1/2 à 1 (1).

La même loi fixe pour les monnaies d'argent la tolérance de titre à 3 millièmes, et celle de poids :

Pour les pièces de 1/4 de franc, à 10 millièmes;

Pour celles de 1/2 franc, à 7 millièmes;

Pour celles de 1 à 2 francs, à 5 millièmes;

Pour celles de 5 francs, à 3 millièmes.

Ces tolérances ont été sensiblement abaissées depuis.

Bien que ces dispositions soient restées la base de notre système monétaire, deux seulement des huit pièces créées par la loi de l'an XI sont encore frappées avec le poids et le titre que déterminait cette loi; ce sont les pièces de 5 francs en argent et de 20 francs en or. Des lois ou décrets plus récents ont remplacé les autres types par de nouvelles monnaies et prononcé le retrait et la démonétisation des anciennes monnaies, sauf de la pièce de 40 francs en or, qui continue de circuler, bien qu'elles ne soient plus frappées depuis 1854.

La loi du 25 mai 1864 abaissa à 835 millièmes le titre des pièces d'argent

(1) Ce rapport était alors très exactement celui des deux valeurs réelles des deux métaux. Le même rapport avait déjà été établi officiellement par l'édit de 1785.

de 20 et de 50 centimes en France, et la convention monétaire du 23 décembre 1865 étendit cette réforme aux pièces de 1 franc et de 2 francs pour tous les pays de l'Union latine. La loi du 14 juillet 1866 confirme cette dernière modification pour la France. En même temps, on décidait que les monnaies de 20 centimes, 50 centimes, 1 franc et 2 francs seraient considérées comme des monnaies d'appoint et n'auraient plus cours forcé que pour une somme déterminée, la pleine force libératoire n'étant conservée qu'aux pièces d'or (de 5 francs, 10 francs, 20 francs, 40 francs, 50 francs et 100 francs) et à celles de 5 francs en argent.

Les conventions monétaires successives des 23 décembre 1878 et 6 novembre 1885 ont fixé définitivement les bases du système monétaire français qui est en même temps celui des autres pays de l'Union : Italie, Grèce, Suisse et Belgique (1).

Nous reproduisons le texte de la convention du 6 novembre 1885, qui est actuellement en vigueur (2).

Convention monétaire du 6 novembre 1885.

Art. 1er, — La France, la Grèce, l'Italie et la Suisse (3) demeurent constituées à l'état d'Union pour ce qui regarde le titre, le poids, le diamètre, et le cours de leurs espèces monnayées d'or et d'argent.

Art. 2. — Les types des monnaies d'or frappées à l'empreinte des Hautes Parties contractantes sont ceux des pièces de 100 francs, de 50 francs, de 20 francs, de 10 francs et de 5 francs, déterminées, quant au titre, au poids, à la tolérance et au diamètre, ainsi qu'il suit :

Nature des pièces.		Titre.		Poids.		
		Titre droit.	Tolérance.	Poids droit.	Tolérance.	Diamètre.
	fr.	millièmes.	millièmes.	gr.		millim.
Or......	100	900	1	32,25806	1	35
	50			16,12903		28
	20			6,45161	2	21
	10			3,22580		19
	5			1,61290	3	17

Les Gouvernements contractants admettront sans distinction dans leurs caisses publiques les pièces d'or fabriquées sous les conditions qui précèdent, dans l'un ou l'autre des cinq États, sous réserve, toutefois, d'exclure les pièces dont le poids aurait été réduit par le frai de 1/2 pour 100 au-dessous des tolérances indiquées ci-dessus, ou dont les empreintes auraient disparu.

(1) D'autres États, l'Espagne, la Serbie, la Roumanie, les États-Unis de Vénézuela, les États-Unis de Colombie ont adopté le même système monétaire. Quelques-uns, la Bulgarie, l'Uruguay, Haïti, la République argentine, le Chili et le Pérou en ont pris les principales dispositions. Mais aucun de ces États n'a été admis dans l'Union depuis la Grèce, la France ayant très grand intérêt à défendre son marché contre l'introduction de nouvelles pièces d'argent dont la valeur réelle est aujourd'hui très inférieure à la valeur légale.

(2) D'après l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (1888), p. 320.

(3) Et la Belgique, par un acte additionnel signé le 13 décembre 1885.

Art. 3. — Le type des pièces d'argent de 5 francs frappées à l'empreinte des Hautes Parties contractantes est déterminé quant aux titre, poids, tolérance et diamètre, ainsi qu'il suit :

Titre.		Poids.		
Titre droit.	Tolérance.	Poids droit.	Tolérance.	Diamètre.
—	—	—	—	—
900 millièmes.	1 millième.	25 grammes.	3 millièmes.	37 millimètres

Les Gouvernements contractants recevront réciproquement dans les caisses publiques lesdites pièces d'argent de 5 francs.

Chacun des États contractants s'engage à reprendre des caisses publiques des autres États les pièces d'argent de 5 francs dont le poids aurait été réduit par le frai de 1 pour 100 au-dessous de la tolérance légale, pourvu qu'elles n'aient pas été frauduleusement altérées ou que les empreintes n'aient pas disparu.

En France, les pièces de 5 francs seront reçues dans les caisses de la Banque de France pour le compte du Trésor, ainsi qu'il résulte des lettres échangées entre le Gouvernement français et la Banque de France à la date des 31 octobre et 2 novembre 1885 et annexées à la présente convention.

Cet engagement est pris pour la durée de la convention telle qu'elle a été fixée par le § 1er de l'article 13 et sans que la Banque soit liée au delà de ce terme par l'application de la clause de tacite reconduction prévue au § 2 du même article.

Dans le cas où les dispositions concernant le cours légal des pièces d'argent de 5 francs frappées par les États de l'Union seraient supprimées, soit par la Grèce, soit par l'Italie, soit par la Suisse, pendant la durée de l'engagement pris par la Banque de France, la puissance ou les puissances qui auront rapporté ces dispositions prennent l'engagement que leurs banques d'émission recevront les pièces d'argent de 5 francs des autres États de l'union, dans des conditions identiques à celles où elles reçoivent les pièces d'argent de 5 francs frappées à l'effigie nationale.

Deux mois avant l'échéance du terme assigné pour la dénonciation de la convention, le Gouvernement français devra faire connaître aux États de l'Union si la Banque de France est dans l'intention de continuer ou de cesser d'exécuter l'engagement ci-dessus relaté. A défaut de cette communication, l'engagement de la Banque de France sera soumis à la clause de tacite reconduction.

Art. 4. — Les Hautes Parties contractantes s'engagent à ne fabriquer des pièces d'argent de 2 francs, de 1 franc, de 50 centimes et de 20 centimes que dans les conditions de titre, de poids, de tolérance, et de diamètre déterminées ci-après :

		Titre.		Poids.		
Pièces.		Titre droit.	Tolérance (1).	Poids droit.	Tolérance (1).	Diamètre.
—		—	—	—	—	—
	fr.	millièmes.	millièmes.	gr.		millim.
Argent..	2 »	835	3	10,00	5	27
	1 »			5,00		23
	0 50			2,50	7	18
	0 20			1,00	10	16

Ces pièces devront être refondues par les gouvernements qui les auront émises, lorsqu'elles seront réduites par le frai de 5 pour 100 au-dessous des tolérances indiquées ci-dessus, ou lorsque leurs empreintes auront disparu.

(1) Dans ces trois tableaux, les tolérances sont admises tant en dehors qu'en dedans.

Art. 5. — Les pièces d'argent fabriquées dans les conditions de l'article 4 auront cours légal, entre les particuliers de l'État qui les a émises, jusqu'à concurrence de 50 francs pour chaque payement.

L'État qui les a mises en circulation les recevra de ses nationaux sans limitation de quantité.

Art. 6. — Les caisses publiques de chacun des quatre pays accepteront les monnaies d'argent fabriquées par un ou plusieurs des autres États contractants, conformément à l'article 4, jusqu'à concurrence de 100 francs pour chaque payement fait auxdites caisses.

Art. 7. — Chacun des Gouvernements contractants s'engage à reprendre des particuliers ou des caisses publiques des autres États les monnaies d'appoint en argent qu'il a émises et à les échanger contre une égale valeur de monnaie courante en pièces d'or ou d'argent, fabriquées dans les conditions des articles 2 et 3, à condition que la somme présentée à l'échéance ne sera pas inférieure à 100 francs. Cette obligation sera prolongée pendant deux années à partir de l'expiration de la présente convention.

Art. 8. — Le monnayage des pièces d'or fabriquées dans les conditions de l'article 2, à l'exception de celui des pièces de 5 francs d'or qui demeure provisoirement suspendu, est libre pour chacun des États contractants.

Le monnayage des pièces de 5 francs d'argent est provisoirement suspendu. Il pourra être repris lorsqu'un accord unanime se sera établi, à cet égard, entre tous les États contractants.

Toutefois, si l'un des États voulait reprendre la frappe libre des pièces de 5 francs d'argent, il en aurait la faculté, à la condition d'échanger ou de rembourser, pendant toute la durée de la présente convention, en or et à vue, aux autres pays contractants, sur leur demande, les pièces de 5 francs d'argent frappées à son effigie et circulant sur leur territoire. En outre, les autres États seraient libres de ne plus recevoir les écus de l'État, qui reprendrait la frappe desdites pièces.

L'État qui voudra reprendre ce monnayage devra, au préalable, provoquer la réunion d'une conférence avec ses coassociés, pour régler les conditions de cette reprise, sans cependant que la faculté mentionnée au paragraphe précédent soit subordonnée à l'établissement d'un accord et sans que les conditions d'échange et de remboursement stipulées au même paragraphe puissent être modifiées.

A défaut d'entente et tout en conservant le bénéfice des stipulations qui précèdent vis-à-vis de l'État qui reprendrait la frappe libre des pièces de 5 francs d'argent, la Suisse se réserve la faculté de sortir de l'Union avant l'expiration de la présente convention. Cette faculté est toutefois subordonnée à la double condition : 1° que, pendant quatre ans à partir de l'entrée en vigueur de la présente convention, l'article 14 et l'arrangement annexe ne seront pas applicables vis-à-vis des États qui n'auraient pas repris la frappe libre des pièces de 5 francs d'argent; et 2° que les monnaies d'argent desdits États continueront, pendant la même période, à circuler en Suisse, conformément aux stipulations de la présente convention. De son côté, la Suisse s'engage à ne pas reprendre, pendant la même période de quatre ans, la frappe libre des pièces de 5 francs d'argent.

Le Gouvernement fédéral suisse est autorisé à faire procéder à la refonte des anciennes émissions de pièces suisse de 5 francs d'argent, jusqu'à concurrence de 10 millions de francs, mais à charge par lui d'opérer à ses frais le retrait des anciennes pièces.

Art. 9. — Les Hautes Parties contractantes ne pourront émettre des pièces d'argent de 2 francs, de 1 franc, de 50 centimes et de 20 centimes, frappées dans les conditions indiquées par l'article 4, que pour une valeur correspondant à 6 francs par habitant.

Ce chiffre, en tenant compte des derniers recensements effectués dans chaque État, est fixé (1) :

Pour la France, l'Algérie et les colonies, à.......	256 000 000 francs.
Pour la Grèce, à..............................	15 000 000 —
Pour l'Italie, à................................	182 000 000 —
Pour la Suisse, à..............................	19 000 000 —

Seront imputées sur les sommes ci-dessus les quantités déjà émises jusqu'à ce jour par les États contractants.

Le Gouvernement italien est exceptionnellement autorisé à faire fabriquer une somme de 20 millions en pièces divisionnaires d'argent, cette somme étant destinée à assurer le remplacement des anciennes monnaies par des pièces frappées dans les conditions de l'article 4 de la présente convention.

Le Gouvernement fédéral de la Suisse est autorisé, à titre exceptionnel, eu égard aux besoins de la population, à faire fabriquer une somme de 6 millions en pièces divisionnaires d'argent.

Le Gouvernement français est également autorisé, à titre exceptionnel, à procéder, jusqu'à concurrence de 8 millions de francs, à la refonte, en pièces divisionnaires d'argent, des monnaies pontificales précédemment retirées de la circulation.

Art. 10. — Le millésime de la fabrication sera inscrit, en conformité rigoureuse avec la date du monnayage, sur les pièces d'or et d'argent frappées dans les quatre États.

Art. 11. — Le Gouvernement de la République française accepte la mission de centraliser tous les documents administratifs et statistiques relatifs aux émissions de monnaies, à la production et à la consommation des métaux précieux, à la circulation monétaire, à la contrefaçon et à l'altération des monnaies. Il les communiquera aux autres Gouvernements, et les pays contractants aviseront de concert, s'il y a lieu, aux mesures propres à donner à ces renseignements toute l'exactitude désirable, comme à prévenir les contrefaçons et altérations des monnaies et à en assurer la répression.

Art. 12. — Toute demande d'accession à la présente convention faite par un État qui en accepterait les obligations et qui adopterait le système monétaire de l'Union ne peut être accueillie que du consentement unanime des Hautes Parties contractantes.

Celles-ci s'engagent à retirer ou à refuser le cours légal aux pièces d'argent de 5 francs des États ne faisant pas partie de l'Union. Ces pièces ne pourront être acceptées ni dans les caisses publiques, ni dans les banques d'émission.

Art. 13. — La présente convention, exécutoire à partir du 1er janvier 1886, restera en vigueur jusqu'au 1er janvier 1891. Si, un an avant ce terme, elle n'a pas été dénoncée, elle sera prorogée de plein droit, d'année en année, par voie de tacite reconduction, et continuera d'être obligatoire pendant une année à partir du 1er janvier qui suivra la dénonciation.

Art. 14. — En cas de dénonciation de la présente convention, chacun des États

(1) Pour la Belgique ce chiffre a été fixé à 35 800 000 francs.

contractants sera tenu de reprendre les pièces de 5 francs en argent qu'il aurait émises et qui se trouveraient dans la circulation ou dans les caisses publiques des autres États, à charge de payer à ces États une somme égale à la valeur nominale des espèces reprises, le tout dans des conditions déterminées par arrangement spécial qui demeurera annexé à la présente convention.

Art. 15. — La présente convention sera ratifiée; les ratifications en seront échangées à Paris le plus tôt que faire se pourra et au plus tard le 30 décembre 1885.

Le tableau suivant résume les conditions légales que doivent remplir des pièces d'argent françaises :

Valeur intrinsèque du kilogramme de matières			Retenue par kilogramme sur la matière au titre de 900 millièmes pour frais de fabrication	Prix du kilogramme des matières d'après le tarif du change			Nature et valeur des pièces		Diamètre des pièces en millimètres
à 1000 millièmes	à 900 millièmes	à 835 millièmes		à 1000 millièmes	à 900 millièmes	à 835 millièmes	Valeur nominale	Valeur au tarif	
fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	5 »	4 9625	37
» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	2 »	1 8416	27
222 22	200 00	185 56	1 50	220 56	198 50	184 16	1 »	» 9208	23
» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» 50	» 4604	18
» »	» »	» »	» »	» »	» »	» »	» 20	» 1842	16

Nombre de pièces par kilogramme	Poids légal d'une pièce			Titre légal	Tolérances		
	Poids droit	Limites du poids fort	Limites du poids faible		De titre	De poids par kilogramme en dessus et en dessous	De poids par pièce en dessus et en dessous
	gr.	gr.	gr.			gr.	gr.
40	25 000	25 075	24 925	900	2 millièmes en dessus et 2 millièmes en dessous	3	» 075
100	10 000	10 050	9 950	835	3 millièmes en dessus et 3 millièmes en dessous	5	» 050
200	5 000	5 025	4 975			5	» 025
400	2 500	2 5175	2 4825			7	» 0175
1000	1 000	1 010	0 990			10	» 010

De 1795 au 31 décembre 1886, on a frappé, en France, une somme de 5 297 834 243 fr. 10 d'argent (1). Pendant l'année 1887, la fabrication des pièces d'argent a porté sur 8 910 589 francs.

III. — SYSTÈMES MONÉTAIRES ÉTRANGERS.

Le régime monétaire des pays de l'Union latine (Belgique, Italie, Grèce, Suisse) ne diffère que par des détails de celui qui est adopté en France.

(1) *Annuaire du Bureau des longitudes* (1888), p. 338.

Après avoir démonétisé l'or en 1850 et adopté l'étalon unique d'argent, la Belgique revint au double étalon en 1861 et entra dans l'Union le 28 décembre 1865. Ses pièces d'argent sont les mêmes que les pièces françaises.

Depuis le 24 août 1862, l'Italie a adopté sous le nom de *lire* l'unité monétaire française, mais les pièces divisionnaires de 2 francs, 1 franc, 50 et 20 centimes en argent étaient dès cette époque à 835 millièmes, la pièce d'argent de 5 francs contenant seule 900 millièmes de métal fin. Cette modification a été adoptée par les autres États de l'Union en 1865. L'Italie a pour 340 millions de monnaie fiduciaire en papier.

Le *franc* est aussi l'unité monétaire de la Grèce qui lui a donné le nom de *drachme*. Ce pays est entré dans l'Union le 22 avril 1867.

La Suisse avait frappé, en 1850, des pièces d'argent de 50 centimes de 1, 2 et 5 francs au titre de 900 millièmes. Ce titre fut remplacé en 1860 par celui de 800 millièmes pour les pièces divisionnaires. Mais, en entrant dans l'Union, en décembre 1865, elle dut retirer de la circulation ces monnaies à bas titre et les remplacer par des pièces à 835 millièmes. Pendant longtemps, ce pays a eu également recours à des petites monnaies formées d'un alliage d'argent, de cuivre, de zinc et de nickel (pièces de 20, de 10 et de 5 centimes). Elles sont aujourd'hui remplacées par des pièces faites de nickel pur (pièce de 20 centimes) ou d'un alliage de 75 pour 100 de cuivre et 25 pour 100 de nickel (10 et 5 centimes).

Les autres États se divisent naturellement d'après la nature de l'étalon qu'ils adoptent.

Pays à double étalon (or et argent).

Bulgarie.	États-Unis de Vénézuela.
Serbie.	États-Unis de Colombie.
Roumanie.	États-Unis de l'Amérique du Sud.
Égypte.	Mexique.
Empire ottoman.	Haïti.
Espagne et Antilles espagnoles.	Chili.
Tunisie.	Pérou.
Pays-Bas et Indes néerlandaises.	Japon.

Pays à étalon unique d'or.

Angleterre et ses possessions autres que les Indes.	Suède, Norvège et Danemark.
Allemagne.	République argentine.
Portugal.	Uruguay.
Grand-duché de Finlande.	Brésil.
	Perse.

Pays à étalon unique d'argent.

Autriche-Hongrie.	Guatemala, Honduras, Nicaragua.
Russie.	Paraguay.
Indes anglaises et françaises.	Bolivie.
Siam.	République de l'Équateur.
Empire chinois.	

Pour chacun de ces Etats nous indiquerons les bases du système monétaire adopté, et la nature des pièces d'argent employées.

Pour la valeur de ces pièces, il y a lieu de distinguer la *valeur au pair* de la *valeur au change* (ou *valeur au tarif par kilogramme*). La valeur au pair d'une pièce s'obtient en multipliant le poids légal par le titre légal et en comparant la valeur du poids ainsi obtenu à celle d'une pièce française du même métal. Ainsi la pièce d'argent allemande de 5 marks, à 900 millièmes, pèse 27gr,777. Elle contient donc 27gr,777 × 0,9 d'argent pur, soit 24gr,9993. La pièce d'argent française de 5 francs, à 900 millièmes, pesant 25 grammes, contient 25gr,5 d'argent pur. On aura donc :

$$\frac{22,5}{5} = \frac{24,9993}{x} \quad \text{d'où} \quad x = 5 \text{ fr. } 555.$$

Mais les monnaies des pays qui ne font pas partie de l'Union latine ne sont reçues à l'hôtel des monnaies que comme lingots d'or et d'argent. Leur valeur dépend donc du poids et du titre qu'elles ont *réellement* et non des poids et titre légaux. La différence peut tenir soit aux tolérances admises dans les divers États, soit à la perfection plus ou moins grande de la fabrication, soit encore, pour le poids, à la perte provenant du frai. La quantité réelle d'or ou d'argent contenue dans une pièce de monnaie est alors évaluée d'après un tarit adopté par l'administration des monnaies. Le prix du kilogramme d'or à 1000 millièmes est de 3437 francs, et celui du kilogramme d'argent de 220 fr. 56 (1).

On peut d'ailleurs exprimer la valeur au pair et la valeur au tarif, en la rapportant soit au kilogramme, soit à la pièce; mais dans ce dernier cas, pour la valeur au tarif, on admet que la pièce est exactement au poids et au titre légaux.

1° PAYS A DOUBLE ÉTALON.

Bulgarie.

Pièces d'argent.	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
2 lewa (francs)	10,00	835	185,56	1,86	184,16	1,84
1 lew	5,00			0,93		0,92
50 stotinkis (centimes)	2,50			0,46		0,46

La loi du 27 mai 1880 a ordonné la frappe d'une monnaie nationale basée sur le système de l'Union latine, mais la Bulgarie n'a pas de pièces d'argent à 900 millièmes, ni de pièces de 5 francs. Le *lew* a le poids et le titre du franc.

(1) Déduction faite de 7 fr. 44 pour l'or et de 1 fr. 66 pour l'argent (par kilogramme), pour frais de refonte et de fabrication. Lorsque les pièces étrangères sont à un titre inférieur à celui des monnaies françaises, il faut en outre déduire le droit d'affinage fixé par l'ordonnance du 15 octobre 1828.

Ce pays possède aussi des pièces de 20 lewa, en or, qui correspondent à nos pièces de 20 francs, et des petites monnaies de bronze.

Serbie.

Pièces d'argent.	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 dinars (francs).............	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
2 dinars.....................	10,00	835	185,56	1,86	184,16	1,84
1 dinar......................	5,00			0,93		0,92
50 paras (centimes)...........	2,50			0,46		0,46

La loi du 11 novembre 1878 a en outre ordonné la frappe de pièces d'or de 20 et de 10 dinars à 900 millièmes et de petites pièces de bronze. Ces monnaies sont conformes à celles de l'Union.

Roumanie.

Pièces d'argent.	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 leys (francs)...............	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
2 leys.......................	10,00	835	185,56	1,86	184,16	1,84
1 ley........................	5,00			0,93		0,92
50 banis (centimes)..........	2,50			0,46		0,46

La Roumanie a adopté le 14 avril 1867 la plupart de ces pièces qui sont conformes, comme poids et titre, à celles de l'Union. La loi du 30 avril 1879 a créé la pièce de 5 leys qui n'existait pas.

Elle possède en outre des monnaies de bronze et des pièces en or, au titre de 900 millièmes, de 20, 10 et 5 leys, qui correspondent à nos monnaies de 20, 10 et 5 francs. Les pièces divisionnaires d'argent n'ont qu'un cours limité.

Égypte. — Monnaies d'argent.

Le décret du 14 novembre 1885 a modifié la nature et le titre des pièces d'argent égyptiennes, mais les anciennes monnaies n'ont pas été retirées :

Anciennes pièces.	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Parisi (10 piastres)...........	12,352	900	200,00	2,47	198,50	2,45
Demi-parisi (5 piastres).......	6,176			1,23		1,22
Quart parisi (2 1/2 piastres)....	3,088			0,62		0,61
Tallari égyptien (20 piastres)...	27,790	833,3	195,17	5,14	183,79	5,10
Demi-tallari (10 piastres)......	13,895			2,57		2,55
Quart tallari (5 piastres).......	6,947			1,28		1,27
Huitième tallari (2 1/2 piastres).	3,473			0,64		0,63
Piastre......................	1,243	750,0	166,66	0,21	165,42	0,20

Nouvelles monnaies.							
20 piastres	28,00	833,3	185,17	5,18	183,79	5,14
10 piastres	14,00			2,59		2,57
5 piastres	7,00			1,27		1,28
2 piastres	2,80			0,52		0,51
1 piastre	1,40			0,26		0,26
1/2 piastre	0,70			0,13		0,13
1/4 piastre	0,35			0,06		0,06

L'Égypte possède aussi des pièces d'or et des monnaies en cuivre pur.

Empire ottoman. — Monnaies d'argent.

Le régime monétaire de la Turquie, très variable jusqu'en 1844, a été fixé à cette époque par un firman d'Abdul-Mèdjid, qui ordonnait la frappe des pièces suivantes en argent :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
	—	—	—	—	—	—
20 piastres	24,055	830	184,85	4,44	183,06	4,40
10 piastres	12,028			2,22		2,20
5 piastres	6,014			1,11		1,10
2 piastres	2,405			0,44		0,44
1 piastre (40 paras)	1,203			0,22		0,22
1/2 piastre (20 paras)	0,601			0,11		0,11

Cependant la quantité de pièces d'argent frappées en exécution de ce firman étant insuffisante, les anciennes pièces continuèrent à circuler, en même temps que les monnaies étrangères et le papier-monnaie. Le décret du 1er mars 1870, qui établit le système décimal, et celui de 1880 qui démonétise le papier-monnaie, ont en partie remédié à cet état de choses. Actuellement les pièces d'or sont à peu près les seules monnaies légales ayant pleine force libératoire; elles comprennent les pièces de 100 piastres (ou livre medjidié), valant au pair 22 fr. 78, de 500 piastres (ou 5 livres), de 250 piastres, de 50 et de 25 piastres.

Espagne et Antilles espagnoles. — Monnaies d'argent.

Nous trouvons encore dans ce pays deux lois monétaires fondamentales et deux espèces de monnaies.

La loi du 26 juin 1864 détermine ainsi la nature des monnaies d'argent :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Duro (2 escudos)	25,960	900	200,00	5,19	198,50	5,15
Escudo (10 réaux)	12,980			2,60		2,57
Peseta (4 réaux)	5,192	810	180,00	0,93	178,65	0,92
1/2 peseta (2 réaux)	2,596			0,47		0,46
Réal	1,298			0,03		0,23

Le décret du 19 octobre 1868 a modifié ce système et adopté les conventions de l'Union latine. L'unité est la *peseta* d'argent qui correspond au franc.

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 pesetas	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
2 pesetas	10,00	835	185,56	1,86	184,16	1,84
1 peseta	5,00			0,93		0,92
1/2 peseta (2 reales)	2,50			0,46		0,46

Les monnaies d'appoint à 835 millièmes n'ont cours forcé entre les particuliers que jusqu'à concurrence de 50 pesetas.

Ce décret du 19 octobre 1868, qui crée en même temps des pièces d'or de 25 et de 10 pesetas à 900 millièmes, adopte entièrement les dispositions de l'Union latine. Cependant il laisse dans la circulation les anciennes monnaies frappées en 1864, et le monnayage des pièces d'or de 10 pesetas et de toutes les pièces d'argent créées en 1868 a été très limité. Il en résulte que le système monétaire actuel de l'Espagne est mixte et que l'on trouve dans la circulation au moins autant de pièces de 1864 que de nouvelles monnaies. En outre, dans le commerce, on a conservé l'habitude de compter en piastres fortes, valant 5 fr. 20.

Dans les Antilles espagnoles, le système monétaire légal est le même, mais en fait on compte en piastres de 5 fr. 33.

Aux Philippines on a des monnaies spéciales :

Pour l'or : de 20 fr. 39, 10 fr. 20 et 5 fr. 10 (valeur au pair) à 875 millièmes.

Pour l'argent :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
50 centavos	12,980	900	200,00	2,60	198,50	2,57
20 centavos	5,192			1,04		1,03
10 centavos	2,596			0,52		0,52

Mais dans les dernières émissions, le titre des pièces d'argent a été réduit à 835 millièmes; on les considère comme monnaies d'appoint.

Tunisie. — Monnaies d'argent.

La monnaie de compte dans la régence est la piastre d'argent à 900 millièmes, pesant $3^{gr},13$ et valant 0 fr. 6194.

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 piastres	15,65	900	200,00	3,13	198,50	3,10
4 piastres	12,52			2,50		2,48
3 piastres	9,39			1,87		1,86
2 piastres	6,26			1,25		1,24
1 piastre	3,13			0,62		0,62

Les pièces d'or (à 900 millièmes) sont de 100 piastres (environ 60 francs), de 50, 25, 10 et 5 piastres.

Cependant, à partir de 1865, le gouvernement tunisien abaissa le titre des monnaies d'argent de 4 piastres et au-dessous ; il réduisit même, le 30 mai 1878, la pièce de 4 piastres à 3 3/4 piastres et les autres dans la même proportion ($\frac{1}{16}$), sauf la pièce de 5 piastres. Certaines pièces d'or furent également réduites.

Pays-Bas et Indes néerlandaises. — Monnaies d'argent.

Le système monétaire de la Hollande a beaucoup varié. En 1816, elle renonça à l'étalon d'argent pour prendre le double étalon avec le rapport de 1 à 15,873. Elle revint à l'étalon d'argent unique le 26 novembre 1847 et au double étalon le 6 juin 1875.

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Rixdaler (2 1/2 florins)	25,00	945	210,00	5,25	208,42	5,21
1 florin (100 cents)	10,00			2,10		2,08
1/2 florin (50 cents)	5,00			1,05		1,04
25 cents	3,575	640	142,22	0,51	141,16	0,50
10 cents	1,400			0,20		0,20
5 cents	0,685			0,10		0,10

Il existe en outre des pièces d'or de 10 florins (valeur au pair 20 fr. 83) au titre de 900 millièmes, et des ducats et doubles ducats au titre de 983 millièmes, valant au pair 11 fr. 83 et et 23 fr. 66. Ces deux dernières pièces sont des monnaies de commerce.

Les monnaies d'argent à 945 millièmes ont seules, avec la pièce d'or de 10 florins, une faculté libératoire illimitée.

Celles d'argent à 640 millièmes n'ont cours forcé que jusqu'à concurrence de 10 florins.

Dans les Indes néerlandaises on suit en principe les mêmes conventions monétaires ; mais, d'après la loi du 1er mai 1854, les monnaies d'appoint sont différentes pour le poids et le titre :

	Poids légal.	Titre. légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
	—	—	—	—	—	—
1/4 florin...	3,180			0,51		0,50
1/10 florin........................	1,250	720	160,00	0,20	158,80	0,20
1/20 florin....................	0,640			0,10		0,09

États-Unis de Vénézuela. — Monnaies d'argent.

Les lois du 11 mai 1871, du 31 mars 1879 et du 2 juin 1887 ont adopté entièrement les conventions de l'Union latine pour les monnaies d'or et d'argent. Cet État possède donc des monnaies d'or à 900 millièmes de 5, 10, 20, 50 et 100 *bolivars* (ou francs), des pièces d'argent de 5 bolivars à 900 millièmes, et des monnaies d'appoint en argent, à 835 millièmes, de 2 et 1 bolivar et de 50 et 20 centavos (centimes). Leurs poids correspondent aux pièces françaises. Les monnaies d'appoint à 835 millièmes n'ont cours forcé que jusqu'à concurrence de 50 bolivars.

États-Unis de Colombie. — Monnaies d'argent.

La loi du 9 juin 1871 a adopté le système monétaire de l'Union latine. Les pièces d'or à 900 millièmes valent 100 francs et 50 francs (valeur au pair); celles d'argent à 900 millièmes pèsent 25 grammes et correspondent à notre pièce de 5 francs; c'est le *peso*. Il y a en outre des monnaies d'appoint de 2 décimos, 1 décimo et 1/2 décimo (1 franc, 50 et 25 centimes).

États-Unis de l'Amérique du Nord. — Monnaies d'argent.

D'après la loi du 1er avril 1873 :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
	—	—	—	—	—	—
Trade dollar (monnaie de commerce)....................	27,215			5,44		5,40
Dollar (100 cents)............	26,729			5,.4		5,31
1/2 dollar (50 cents)...........	12,500	900	200,00	2,50	198,50	2,48
1/4 dollar (25 cents)...........	6,250			1,25		1,24
20 cents....................	5,000			1,00		0,99
Dime (10 cents).............	2,500			0,50		0,49

Il existe en outre des pièces d'or à 900 millièmes, valant de 5 à 100 francs environ.

Le trade dollar est une monnaie fabriquée spécialement pour le commerce avec la Chine.

La loi de 1873 qui créa ces types de monnaies décida que les pièces d'or seules ont pleine force libératoire; toutes les pièces d'argent, sans distinction, ne devaient avoir cours forcé que jusqu'à concurrence de 5 dollars. C'était en réalité le régime de l'étalon d'or unique.

La loi du 28 février 1878 revint au double étalon, en prescrivant la frappe de nouveaux dollars d'argent et reconnaissant aux pièces d'argent de 1 dollar la pleine force libératoire. D'après cette loi, les seules monnaies d'appoint en argent sont celles inférieures à 1 dollar. Ce régime est très analogue à celui de l'Union latine. Il est vrai que les monnaies d'appoint sont à 900 millièmes, mais leur poids est inférieur à celui qu'indique le nom de la pièce, ainsi la pièce de $\frac{1}{2}$ dollar pèse 12gr,5, tandis que celle de 1 dollar pèse 26gr,729. Dans les États de l'Union latine, la pièce de 1 franc pèse bien exactement le cinquième du poids de celle de 5 francs, mais son titre est de 835 millièmes au lieu de 900. La différence de valeur entre la monnaie étalon et ses sous-multiples est à peu près la même, soit 6,47 pour 100 pour l'Amérique et 7,22 pour l'Union.

Les États-Unis ont réduit le poids du demi-dollar à 12gr,50, de manière à avoir des pièces du même poids et de la même valeur nominale que celle de l'Union; mais cette identité n'existe que pour les pièces de 20 et 10 cents qui pèsent 5 et 2,5 grammes et valent au pair 1 franc et 50 centimes.

Mexique. — Monnaies d'argent.

D'après la loi monétaire du 27 novembre 1867 :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Peso	27,073	902,7	200,60	5,43	198,50	5,37
50 centavos	13,536			2,71		2,69
25 centavos	6,768			1,35		1,34
10 centavos	2,707			0,54		0,53
5 centavos	1,353			0,27		0,26

Les monnaies d'or (de 5 à 100 francs environ) sont à 875 millièmes.

Haïti.

Les monnaies d'argent de ce pays sont à 900 et 835 millièmes. Celle de 1 *gourde* pèse 25 grammes; elle est à 900 millièmes et correspond exactement aux pièces de 5 francs de l'Union. Celles de 50 centimes, 20 et 10 centimes sont à 835 millièmes et correspondent comme valeur nominale à 2 fr. 50, 1 franc et 50 centimes. Il y a en outre des pièces d'or, à 900 millièmes, de 1, 2, 5 et 10 gourdes (5, 10, 25 et 50 francs).

Chili. — Monnaies d'argent.

D'après les lois monétaires des 9 janvier 1851 et 25 octobre 1870 :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Peso	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
50 centavos	12,50			2,50		2,48
20 centavos	5,00			1,00		0,99
1 decimo	2,50			0,50		0,49
1/2 decimo	1,25			0,25		0,24

Il y a en outre des pièces d'or à 900 millièmes, valant de 5 à 50 francs environ.

Une loi du 18 juin 1879 avait autorisé l'émission, à titre temporaire, et pendant deux ans seulement, des pièces divisionnaires d'argent de 20, 10 et 5 centavos, du poids de 5 grammes, $2^{gr},5$ et $1^{gr},25$, au titre de 500 millièmes.

Pérou.

Une loi du 31 juillet 1863, complétée par une autre loi du 14 février 1864, a établi au Pérou le système monétaire français antérieur à 1865, sauf que la pièce d'or de 20 francs est remplacée par une pièce de 25 francs, et celles d'argent de 2 francs et de 20 centimes par des pièces de 2 fr. 50 et de 25 centimes. Le titre est de 900 millièmes pour les deux métaux.

En outre le Pérou possède du papier-monnaie à cours forcé.

Japon.

Jusqu'en 1878, ce pays avait l'étalon d'or unique. Il possédait depuis 1871 des monnaies d'or à 900 millièmes de 1, 2, 5, 10 et de 20 *yen*, valant au pair de 5 fr. 17 à 103 fr. 33 et pesant de $1^{gr},667$ à $33^{gr},333$. En outre on frappait une pièce d'argent à 900 millièmes de 1 *yen*, pesant $26^{gr},956$ et valant au pair 5 fr. 39, mais c'était une monnaie de commerce, analogue au trade dollar américain; son cours était par conséquent facultatif et de valeur variable par rapport à l'or. Le Japon avait émis aussi les monnaies d'appoint suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
50 sen	12,50	800	177,78	2,22	176,44	2,20
20 sen	5,00			0,89		0,88
10 sen	2,50			0,44		0,44
5 sen	1,25			0,22		0,22

Depuis 1878, la pièce d'argent de 1 *yen*, à 900 millièmes, a été déclarée monnaie légale de payement; les autres pièces, à 800 millièmes, ont toujours cours limité. Le rapport admis entre l'argent et l'or est 1 à 16,18.

2° PAYS A ÉTALON UNIQUE D'OR.

Ces pays, tout en ne reconnaissant qu'aux pièces d'or la pleine force libératoire, émettent cependant des monnaies d'argent d'appoint qui n'ont cours forcé que jusqu'à concurrence d'une somme déterminée, comme le font les pays à double étalon pour leurs pièces de cuivre ou de bronze et même pour quelques-unes de leurs pièces d'argent à bas titre. Nous aurons donc à donner pour chacun d'eux le tableau des monnaies d'appoint en argent.

Angleterre et ses possessions (autres que les Indes).

Monnaies d'argent ou d'appoint. — D'après la loi monétaire du 4 avril 1870:

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
Couronne, 5 shillings (1/4 de souverain)	28,276	925	205,55	5,81	203,57	5,75
1/2 couronne, 2 1/2 shillings	14,138			2,91		2,87
Florin, 2 shillings	11,310			2,32		2,30
Shilling, 12 pence	5,655			1,16		1,15
6 pence	2,828			0,58		0,57
Groat, 4 pence	1,885			0,39		0,38
3 pence	1,414			0,29		0,28
2 pence	0,942			0,19		0,19
Penny	0,471			0,10		0,09

La monnaie d'argent a cours légal jusqu'à concurrence de 40 shillings (environ 50 francs).

Les monnaies d'or de 1/2 et de 1 souverain (livre sterling), à 916,6 millièmes, valent au pair 12 fr. 61 et 25 fr. 22.

Le régime de l'étalon d'or unique de la métropole s'applique aux colonies suivantes :

Malte, Cap et Natal, Australie et Nouvelle-Zélande, Gibraltar, Canada, Terre-Neuve.

Plusieurs autres, telles que Hong-Kong, le Honduras, etc., ont le système en usage dans la nation près de laquelle elles se trouvent placées.

Enfin la plupart des possessions anglaises de l'Asie, les Indes britanniques notamment, ont conservé l'étalon unique d'argent, qui est adopté dans tous les pays d'Orient.

Allemagne. — Monnaies appoint d'argent.

D'après les lois monétaires des 4 décembre 1871 et 9 juillet 1873 :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 marks	27,777	900	200,00	5,56	198,50	5,51
2 marks	11,111			2,22		2,20
1 mark (100 pfennig)	5,555			1,11		1,10
1/2 mark (50 pfennig)	2,777			0,56		0,55
1/5 mark (20 pfennig)	1,111			0,22		0,22

La monnaie de compte est le mark ou reichs-mark, de 100 pfennig, qui vaut 1 fr. 2345.

Les pièces d'or, à 900 millièmes, sont de 5, 10 et 20 marks.

Les monnaies d'argent n'ont cours forcé que jusqu'à concurrence de 20 marks. Elles sont constamment échangeables contre des monnaies d'or aux caisses publiques.

Il existe en outre, en Allemagne, de petites monnaies d'appoint, en nickel (25 pour 100 de nickel et 75 pour 100 de cuivre) et en cuivre.

Avant 1871, les différents États de l'Allemagne avaient formé avec l'Autriche une union monétaire et admis comme bon l'étalon d'argent unique, avec des monnaies d'or à cours variable.

Portugal.

Cet État a adopté l'étalon d'or unique.

La monnaie de compte est le *reïs*, qui vaut à peu près 1/2 centime. Mais, comme la valeur de cette monnaie est très petite, l'usage a prévalu de compter en *milreïs* ou mille fois le reïs (5 fr. 60).

Le Portugal a frappé quatre pièces d'argent, dont les poids et titre sont déterminés par la loi du 29 juillet 1854 :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
5 testons (500 reïs)	12,50	916,66	203,70	2,55	202,03	2,52
2 testons (200 reïs)	5,00			1,02		1,01
Teston (100 reïs)	2,50			0,51		0,50
1/2 teston (50 reïs)	1,25			0,25		0,25

Ces monnaies d'argent n'ont cours forcé que jusqu'à concurrence de 5 milreïs (28 francs).

Grand-duché de Finlande.

Ce pays a l'étalon d'or, tandis que la Russie a adopté l'étalon unique d'argent.

La loi du 9 août 1877 a établi comme unité monétaire la pièce de 10 markkaa, en or, à 900 millièmes. On a également frappé des pièces de 20 markkaa, en or, au même titre.

Les pièces d'argent sont des monnaies d'appoint; elles sont de deux titres différents, 868 et 750 millièmes, d'après la même loi :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
2 markkaa	10,365	868	192,89	1,99	191,44	1,98
1 markkaa	5,182			0,99		0,99
50 penni	2,549	750	166,66	0,42	165,42	0,41
25 penni	1,274			0,21		0,20

Les deux premières pièces (2 et 1 markkaa) ont cours forcé jusqu'à 10 markkaa, et les deux autres seulement jusqu'à 2 markkaa.

Union scandinave (Suède, Norvège et Danemark).

A la suite de la réforme allemande, les trois États du Nord ont adopté l'étalon d'or unique, dans une convention monétaire du 27 mai 1873. L'unité est le *krone* (Krona en Suède) de 100 *ore*. Le krone vaut au pair 1 fr. 33.

Les monnaies d'appoint en argent sont les suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
2 kroner	15,00	800	177,78	2,67	176,44	2,64
1 krone (100 ore)	7,50			1,33		1,32
50 ore	5,00	600	133,33	0,67	132,33	0,66
40 ore (1)	4,00			0,53		0,53
25 ore	2,42	400	88,89	0,32	88,22	0,32
10 ore	1,45			0,13		0,13

Le cours forcé est limité : pour les pièces à 800 millièmes, à 20 kroner; pour celles à 600 et 400 millièmes, à 5 kroner.

Les monnaies d'or sont de 10 et 20 kroner, à 900 millièmes, et pèsent $4^{gr},480$ et $8^{gr},960$.

(1) La Suède n'a pas frappé de pièces d'argent de 40 ore.

République Argentine.

Le système monétaire de ce pays est resté très confus et très compliqué jusqu'en 1881. Une loi du 5 novembre 1881 a établi l'étalon d'or unique, et comme unité monétaire la piastre, ou *peso* d'or à 900 millièmes, du poids de $1^{gr},6189$, exactement celui de la pièce d'or française de 5 francs. Les monnaies réelles en or sont celles de 5 pesos et de 2 1/2 pesos. Les monnaies d'appoint en argent sont les suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
1 peso	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
50 centavos	12,50			2,50		2,48
20 centavos	5,00			1,00		0,99
10 centavos	2,50			0,50		0,49
5 centavos	1,25			0,25		0,24

Les monnaies d'argent n'ont cours obligatoire que jusqu'à 10 pesos (50 francs).

Uruguay.

La loi du 23 juin 1862 avait institué une monnaie nationale, basée sur l'emploi du système métrique et du double étalon. L'étalon d'or devait être représenté par une pièce de 10 piastres ou pesos, à 917 millièmes, pesant $16^{gr},97$, et l'étalon d'argent par une piastre au même titre pesant 25 grammes. On admettait par conséquent le rapport de valeur de 1 à 14,73.

Malgré cette loi, l'argent ne fut pas accepté volontiers et les payements se faisaient en or. Un décret du 7 juin 1876 consacra cet usage irrégulier, en adoptant l'étalon d'or unique. Les monnaies d'argent ne conservèrent le cours forcé que jusqu'à 30 piastres pour les monnaies de 1 piastre, et 20 piastres pour les monnaies divisionnaires. En même temps, le titre des pièces d'argent était abaissé de 917 à 900 millièmes.

Il y a actuellement quatre monnaies d'argent d'appoint :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
1 piastre ou peso	25,00	900	200,00	5,00	198,50	4,96
1/2 piastre (50 centesimos)	12,50			2,50		2,48
10 centesimos	5,00			1,00		0,99
10 centesimos	2,50			0,50		0,49

L'Uruguay possède en outre du papier-monnaie à cours forcé.

Brésil.

La monnaie du compte est le *milreïs*, mais sa valeur est seulement de 2 fr. 8316, un peu plus de la moitié de celle du milreïs du Portugal. D'après les décrets des 3 septembre 1870 et 18 novembre 1871, les monnaies d'appoint en argent sont les suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
	—	—	—	—	—	—
2 milreïs	25,500	917	203,77	5,19	202,25	5,16
1 milreïs	12,750			2,60		2,58
500 reïs	6,375			1,30		1,28

Ces monnaies d'argent sont reçues pour tout payement dans les caisses publiques; leur cours forcé n'est limité (à 20 milreïs) que pour les particuliers.

Le Brésil possède trois pièces d'or à cours forcé, de 20, 10 et 5 milreïs; leur titre est 917 millièmes et leurs poids : 17gr,929, 8gr,965 et 4gr,482. La véritable monnaie courante est le papier-monnaie.

Perse.

Les monnaies d'appoint en argent sont les suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair du kilogramme.	Valeur au pair des pièces.	Valeur au tarif du kilogramme.	Valeur au tarif des pièces.
	—	—	—	—	—	—
Sachib-keran de 20 schahis	10,40	900	200,00	2,08	198,50	2,06
Banabat de 10 schahis	5,20			1,04		1,03
Abassis de 4 schahis	2,08			0,41		0,40

La monnaie de compte est le *thoman* de 25 *abassis*, ou de 100 schahis. Elle est représentée par une pièce en or à 900 millièmes, de 1 thoman, pesant 2gr,85, et deux autres pièces en or de 2 et de 1/2 thoman.

3° PAYS A ÉTALON UNIQUE D'ARGENT.

L'Autriche-Hongrie, la Russie, presque tous les pays orientaux, et quelques États américains, ont adopté l'étalon d'argent unique. Ces peuples représentent une population considérable, près de 800 millions d'habitants, tandis que les pays à étalon d'or n'en comptent que 125 millions, et ceux à double étalon à peine 300 millions.

Beaucoup d'États à étalon unique d'argent ont aussi des monnaies d'or, mais

ce sont en général des monnaies de commerce dont la valeur relativement à l'argent n'est pas déterminée par la loi monétaire, ou dont le cours n'est pas forcé.

Autriche-Hongrie. — Monnaies d'argent.

Les seules monnaies métalliques de l'Autriche-Hongrie ayant à la fois une valeur invariable et cours forcé sont en argent.

Les lois des 24 décembre 1867 et 9 mars 1870 ont déterminé les conditions que doivent remplir ces monnaies légales :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair		Valeur au tarif	
			du kilogramme.	des pièces.	du kilogramme.	des pièces.
2 florins (5 francs)............	24,691	900	200,00	4,94	198,50	4,90
1 florin (100 kreutzers)........	12,345			2,47		2,45
1/4 florin (25 kreutzers)........	5,341	520	115,55	0,62	114,69	0,61

Leur cours forcé est illimité.

En outre on a mis en circulation, en 1868, des monnaies d'appoint en argent de 20 et 10 kreutzers (29 centimes et 15 centimes), dont les titres sont de 500 millièmes pour les premières, et 400 millièmes pour les autres, et le poids de $2^{gr},666$ et de $1^{gr},666$. Ces pièces divisionnaires n'ont cours légal entre les particuliers que jusqu'à concurrence de 2 florins (5 francs). On reçoit également, mais comme monnaies du commerce, des pièces appelées *thaler* ou *levantin*, au coin de l'impératrice Marie-Thérèse et au millésime de 1780. Leur poids est de $28^{gr},075$, leur titre 833 millièmes, et leur valeur 5 fr. 20 environ. Ces pièces sont généralement recherchées pour le commerce avec tout le Levant, où on les préfère, à cause de leur bon aloi, à beaucoup d'autres, et même aux piastres fortes d'Espagne qui passent pour avoir la même valeur, bien qu'elles en aient réellement un peu plus. Cette très faible différence de valeur explique pourquoi les monnaies de Marie-Thérèse sont recherchées et pourquoi on a continué à en frapper. Cette fabrication a lieu même actuellement, mais les pièces portent toujours l'effigie de Marie-Thérèse et le millésime de 1780.

Les monnaies d'or sont les *ducats* et quadruples ducats au titre de 986 millièmes, valant à peu près 12 et 48 francs, et les pièces de 8 et 4 florins (20 et 10 francs) au titre de 900 millièmes. Ces deux dernières monnaies sont admises en France; elles ont exactement le poids et le titre de nos pièces de 20 et 10 francs. En Autriche-Hongrie, toutes ces monnaies d'or n'ont qu'une valeur fiduciaire; mais l'État les accepte dans ses caisses à un taux fixé officiellement tous les six mois.

Cet État possède en outre beaucoup de papier-monnaie à cours forcé.

Russie. — Monnaies d'argent.

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair — du kilogramme.	Valeur au pair — des pièces.	Valeur au tarif — du kilogramme.	Valeur au tarif — des pièces.
Rouble (100 kopecks)..........	20,735	868	192,89	3,99	191,44	3,97
Poltinnik (50 kopecks)........	10,367			1,99		1,98
Tchetvertak (25 kopecks)......	5,183			0,99		0,99
Abassis (20 kopecks)..........	4,079	500	111,11	0,45	110,28	0,44
Florin polonais (15 kopecks)...	3,059			0,34		0,33
Grivenik (10 kopecks).........	2,039			0,23		0,22
Piétak (5 kopecks)...........	1,019			0,11		0,11

Les quatre dernières pièces sont des monnaies d'appoint; les autres ont cours forcé illimité.

L'unité monétaire est le *rouble,* de 100 kopecks, au titre de 868 millièmes et au poids de 20^{gr},735; sa valeur est de 4 francs. Depuis 1866, on frappe des roubles dont le poids n'est que de 20 grammes, mais dont le titre s'élève à 900 millièmes.

Les monnaies d'or sont de deux espèces. Les anciennes pièces, à 916,6 millièmes, sont de 5 et de 3 roubles, et valent 20 fr. 66 et 12 fr. 40. Les pièces frappées depuis 1866 sont à 900 millièmes et exactement du poids et de la valeur de nos pièces françaises de 40 francs et de 20 francs; récemment le gouvernement français a décidé de les recevoir en payement dans ses caisses.

En Russie, l'étalon d'argent étant seul admis, les monnaies d'or ne sont reçues dans les caisses publiques que d'après un tarif arrêté à certaines époques.

Indes anglaises et françaises.

D'après le règlement monétaire du 6 septembre 1870, la monnaie du compte dans les Indes anglaises est la *roupie* d'argent, valant 2 fr. 3757. Les monnaies réelles sont les suivantes :

	Poids légal.	Titre légal.	Valeur au pair — du kilogramme.	Valeur au pair — des pièces.	Valeur au tarif — du kilogramme.	Valeur au tarif — des pièces.
Roupie.....................	11,644	916,66	203,70	2,38	202,03	2,36
1/2 roupie..................	5,832			1,19		1,18
1/4 roupie..................	2,916			0,59		0,59
1/8 roupie..................	1,458			0,30		0,29

Les deux premières de ces pièces seules ont cours légal illimité; les deux autres ne sont reçues que pour les fractions de la roupie.

Les monnaies d'or, de 15, 10 et 5 roupies, à 916,6 millièmes, n'ont pas cours légal.

Les établissements français de l'Inde ont aussi la *roupie* comme monnaie de compte. Elle se divise en 8 *fanons* ou 16 *annas.*

Siam.

Les monnaies d'or sont inconnues.

L'unité monétaire est le *tical*, pesant 15 grammes environ, au titre moyen de 903 à 906 millièmes de fin. Sa valeur est de 3 fr. 25. Il existe aussi des pièces de 1/4 de tical (salung) et de 1/8 de tical (fuang).

Les petites monnaies sont en cuivre et en étain.

L'Indo-Chine reçoit les pièces françaises, les piastres mexicaines et espagnoles et les sapèques de Chine. En Cochinchine, la valeur admise pour la piastre est de 5 fr. 35 à 5 fr. 55. La piastre y est représentée par des pièces d'argent à 900 millièmes pesant $27^{gr},215$ et dont la valeur au pair est de $5^{gr},44$. Il y existe aussi des pièces de 50, 20 et 10 centièmes de piastre, au même titre, pesant la moitié, le cinquième et le dixième du poids de la piastre.

Empire chinois.

En dehors des sapèques, petites pièces trouées au centre et formées d'un alliage de cuivre (1), la Chine ne connaît pas de monnaies proprement dites. Le taël d'argent est en réalité un poids; ce mot n'exprime qu'un poids déterminé d'argent pur (environ 38 grammes) et permet d'évaluer la valeur des lingots d'argent qui sont reçus en payement.

Guatemala, Honduras, Nicaragua.

Les États du Centre-Amérique emploient surtout les monnaies étrangères (mexicaines, espagnoles, anglaises et françaises). Plusieurs ont en outre quelques pièces nationales.

Le Guatemala a adopté récemment sous le nom de *sole* des pièces d'argent du même poids et du même titre que la pièce de 5 francs française.

Au Nicaragua on se sert du *peso* comme monnaie de compte. Sa valeur est de 5 francs. Les monnaies réelles sont de 20, 10 et 5 cents, pesant 5 grammes, $2^{gr},5$ et $1^{gr},25$, et valant au pair 89, 45 et 22 centimes; leur titre est 800 millièmes.

Paraguay.

La monnaie de compte est la *piastre* d'argent de 8 *réaux*, valant environ 5 fr. 43, comme dans la plupart des pays hispano-américains.

(1) Il en faut 1000 pour faire un taël de 7 francs environ.

Bolivie.

Le *boliviano* ou *sol* d'argent pèse 25 grammes, au titre de 900 millièmes et vaut 5 francs. Ce pays possède aussi des pièces de 50, 25, 12 1/2 et 6 1/4 centièmes de boliviano (2 fr. 50, 1 fr. 25, 0 fr. 625, 0 fr. 3125) et des pièces d'or. Mais ces dernières sont des monnaies de commerce; les caisses publiques les acceptent à un taux fixe.

République de l'Équateur.

En fait, la circulation métallique de ce pays se compose presque exclusivement de monnaies d'Europe, du Chili, du Pérou et de la Colombie.

Cependant les lois des 5 décembre 1865 et 21 novembre 1870 ont adopté en principe une monnaie nationale. L'unité monétaire est la *piastre* ou *sucre* de 10 *réaux* ou 100 *centavos*, représentée par une pièce d'argent à 900 millièmes, pesant 25 grammes et valant au pair 5 francs. Il y a en outre trois pièces d'argent au même titre, pesant 12^{gr},5, 5 grammes et 2^{gr},5, le demi-sucre, la pièce de 2 décimos et de 1 décimo, qui valent au pair 2 fr. 50, 1 franc et 50 centimes.

Parmi les pays dont nous venons d'indiquer rapidement les conventions monétaires fondamentales, plusieurs ont admis le cours forcé du papier-monnaie, lequel circule en même temps que les pièces métalliques. Ces pays sont : la Grèce, l'Autriche-Hongrie, la Russie, le Japon, le Canada, Haïti, les Antilles espagnoles, le Brésil, l'Uruguay, la Bolivie, le Pérou. Ils représentent une population de près de 200 millions d'habitants. Les États qui ne reconnaissent pas le cours forcé du papier-monnaie sont beaucoup plus nombreux, et la population qu'ils représentent est d'environ 1 milliard d'habitants.

4° EMPREINTES DES PIÈCES ET CONDITIONS DU MONNAYAGE.

En résumant l'histoire des systèmes monétaires, nous avons vu précédemment comment on avait été conduit peu à peu à fixer sur les pièces de monnaie des empreintes particulières.

La nécessité de ces empreintes est une conséquence du caractère fondamental de la monnaie, c'est-à-dire de cette marchandise qui dans les échanges sert de mesure. La vieille définition d'Aristote en fait mention : « ... On en détermina d'abord la dimension et le poids; puis, pour se délivrer des embarras d'un continuel mesurage, on la marqua d'une empreinte particulière, signe de sa valeur. »

Aussi, si nous rencontrons dans l'histoire primitive de presque tous les peuples, et aujourd'hui encore dans les pays où la civilisation n'a pas encore

pénétré, l'usage des lingots de métal ou d'autres objets dépourvus d'empreintes, presque tous les États modernes ont depuis longtemps adopté comme mesure d'échange des pièces portant des marques particulières. La Chine seule fait exception, parce que son commerce consiste presque uniquement en exportation; elle devra sans doute adopter le même usage le jour où elle recevra de plus grandes quantités de marchandises importées.

Les civilisations grecque et romaine ne connaissaient que les pièces moulées qu'on obtenait en coulant le métal fondu dans des moules présentant en creux les dessins que l'on voulait reproduire en relief sur les monnaies. Il en était de même en France avant Charlemagne.

On obtenait aussi les empreintes en frappant les pièces avec des coins gravés au touret. Depuis Charlemagne, les coins furent seuls employés, et ils étaient gravés au burin, ce qui donnait plus de perfection au dessin. Les monnaies portaient ordinairement le nom du souverain, et des symboles ou monogrammes chrétiens remplaçaient au centre la Renommée des empereurs ou les figures païennes.

Ce n'est qu'à partir de Louis XII que l'on adopta en France l'usage de placer constamment sur une des faces de la pièce et au centre le dessin de la tête du souverain. Depuis Henri II, on grave le *millésime*, c'est-à-dire l'année de la fabrication, et le *quantième* des rois qui portent le même nom.

Jusqu'au milieu du dix-septième siècle, on devait marquer séparément les deux faces de la pièce. Au commencement du règne de Louis XIV, Nicolas Briot inventa le *balancier*, qui permet de marquer du même coup les deux faces. En 1685, Custaing imagina la machine qui sert à marquer la tranche.

Au commencement du dix-neuvième siècle, Gengembre perfectionna beaucoup ces machines, et en 1817, Diedrich Uhlhorn inventa la presse monétaire, qui remplaça les balanciers et substitua la force de la vapeur à celle des hommes. Depuis 1845, on emploie à la Monnaie de Paris cette presse monétaire perfectionnée par Thonnelier.

L'histoire de la fabrication des monnaies dans les autres pays présenterait des phases analogues. Leur énumération étant sans intérêt, nous nous bornerons à décrire cette fabrication telle qu'elle se pratique actuellement en France.

Elle comprend deux séries d'opérations successives :

1° La fusion des métaux, la coulée de l'alliage, le laminage, le découpage, l'ajustage, les recuits, le machinage et le blanchiment;

2° Le frappage de pièces.

La matière première qui sert à la fabrication des monnaies d'argent est formée, soit par des lingots d'affinage, soit par des pièces américaines non aurifères. On en détermine exactement le titre, pour savoir quel poids de cuivre on doit leur ajouter pour obtenir un alliage au 900 millième (ou 835). On introduit l'argent et le cuivre dans un grand creuset en fer forgé qui peut contenir 800 kilogrammes d'alliage. On le chauffe au rouge vif sur un feu de bois bien sec, on recouvre les matières d'une faible couche de charbon en poudre. Pendant la fusion, on brasse le mélange à plusieurs reprises avec un instrument en fer.

Lorsque la masse est bien mélangée et fondue, on en prend, avec une cuiller en fer, une *goutte*, c'est-à-dire une petite quantité, qu'on coule dans une très petite lingotière. Ce petit lingot, de 15 à 25 grammes, est immédiatement soumis à l'essai. On corrige, s'il y a lieu, le titre de l'alliage, en y ajoutant, soit du cuivre, soit de l'argent fin, soit un alliage de composition connue, et l'on continue la fusion de la masse en la remuant constamment.

On procède ensuite à la coulée. Elle s'effectue en puisant dans le creuset la matière liquide avec des poches de fer recouvertes d'argile, et en remplissant les lingotières.

Chaque lingotière se compose de deux mâchoires de fonte très épaisses, qui sont mobiles, et se rapprochent ou s'écartent à volonté; l'une de ces deux mâchoires porte deux canaux, longs de 45 à 50 centimètres, et dont la profondeur et la largeur varient avec la nature des pièces que l'on veut obtenir. Le poids des lames destinées à la fabrication des pièces de 5 francs est d'environ 1 kilogramme. Ces lames portent des *barbes* ou toiles qu'on enlève rapidement avec une cisaille circulaire ou *ébarboir*.

Les lames ébarbées sont ensuite réunies en paquets et recuites au rouge sombre pendant quinze à vingt minutes, dans un four à sole tournante, disposé de manière à y laisser entrer le moins d'air possible. On les retire du four et on laisse refroidir, puis on les passe plusieurs fois au laminoir; et quand elles commencent à devenir raides et élastiques, on les recuit une seconde fois.

Les lames ont acquis une épaisseur convenable lorsque leur longueur a plus que triplé, sans que leur largeur se soit sensiblement accrue. On les soumet à l'action d'un emporte-pièce ou *découpoir*, et on les débite en disques que l'on appelle *flans*. Ces flans sont pesés un à un, *grattés* avec un appareil particulier lorsqu'ils sont trop lourds, pesés de nouveau, et soumis au *machinage*. Ce traitement consiste à relever les bords des flans, et a pour but de faire mieux ressortir la bordure des pièces au monnayage. On appelle aussi cette opération *cordonner;* les pièces d'argent de 5 et de 2 francs sont seules machinées. On soumet ensuite les flans à un nouveau recuit. Pendant qu'ils sont rouges, on les immerge brusquement dans un vase contenant un mélange d'eau et d'acide sulfurique, marquant 5 degrés à l'aréomètre Baumé. Cette eau acidulée enlève le cuivre oxydé qui ternit la surface des flans, et met à nu à l'extérieur l'argent pur, qui est alors d'un blanc mat. Les flans, lavés à plusieurs reprises, sont desséchés dans une bassine de cuivre à double fond, où l'on fait circuler de la vapeur d'eau. On les soumet ensuite à l'opération du frappage.

Ce frappage s'effectuait anciennement au moyen du *balancier* et nécessitait l'emploi de la force de l'homme. Le travail était long et souvent imparfait et inégal. Aujourd'hui, les balanciers sont remplacés par des *presses monétaires* qui utilisent la force de la vapeur et permettent d'obtenir beaucoup plus rapidement une fabrication très régulière. Le flan y est comprimé entre deux coins d'acier qui portent en creux l'empreinte. Les pièces sont montées de telle sorte que, d'un seul et même coup, on imprime le dessin des deux faces et la tranche de chaque pièce.

Les presses monétaires de la Monnaie de Paris peuvent donner :

Pièces de 5 francs.........	50 à 55	pièces par minute.
— 2 francs........	55 à 60	—
— 1 franc.........	60 à 65	—
— 0 fr. 50.........	65 à 70	—
— 0 fr. 20.........	70 à 80	—

Dans la pratique, chaque machine peut fournir en moyenne 20 000 pièces par journée de dix heures.

La fabrication des médailles est analogue à celle des pièces de monnaie. Mais les flans qui sont destinés aux médailles ne sont pas machinés; on ne les pèse pas non plus avec autant de soin que les flans de monnaies. Leur diamètre et leur poids étant variable et leur fabrication restreinte, il n'y a pas intérêt à employer la presse monétaire, et on continue à les frapper au balancier. Souvent on coule les médailles dans des moules, et on les achève avec le balancier, surtout lorsque le relief doit être considérable.

Les empreintes que portent les différentes pièces et qui sont destinées à en indiquer la valeur sont souvent désignées par les noms suivants :

1° Les empreintes de la *face*, ou *avers*, ou *effigie*, ou *droit;*

2° Celles du *revers* ou de l'*opposé;*

3° La *légende*, inscription circulaire qui entoure ordinairement la figure qui est placée au droit et les symboles du revers;

4° L'*exergue*, inscription placée au bas du droit de la pièce;

5° Le *cordon*, contour de la pièce sur la tranche ou l'épaisseur;

6° Le *millésime*, ou date de la fabrication, ordinairement placé au bas du revers;

7° Les *déférents*, marques du graveur, du directeur et du lieu où la pièce a été frappée. Ce dernier est ordinairement indiqué par un signe dit *point secret*, ou par une lettre. Ces déférents sont placés au bas du droit et du revers. Lorsqu'il existait en France un grand nombre d'hôtels de monnaies, chaque ville avait une lettre particulière. Aujourd'hui, la Monnaie de Paris fabrique toutes les pièces et a conservé la lettre A.

La tolérance du titre est de 2 millièmes au-dessus et au-dessous du titre légal pour les pièces de 5 francs, et de 3 millièmes au-dessus et au-dessous pour les pièces divisionnaires. Ainsi une pièce de 5 francs, au titre de 897 ou de 903 millièmes, doit être rejetée à l'essai, tandis que des pièces divisionnaires à 832 ou 838 millièmes seraient considérées comme étant au titre légal. La tolérance du poids est de 3 millièmes pour les pièces de 5 francs, 5 millièmes pour les pièces de 2 francs et de 1 franc, et 7 et 10 millièmes pour celles de 50 et de 20 centimes. Ainsi une pièce de 20 centimes, qui devrait peser 1 gramme, doit être acceptée même si elle pèse $0^{gr},990$ ou $1^{gr},010$, et une pièce de 5 francs, dont le poids légal est 25 grammes, peut avoir un poids compris entre $24^{gr},925$ ou $25^{gr},075$.

L'administration des monnaies doit veiller à ce que les prescriptions relatives aux tolérances de titre et de poids soient rigoureusement suivies. En outre, la loi du 31 juillet 1879 a créé une commission de contrôle de la circulation

monétaire, composée de neuf membres désignés : un par le Sénat, un par la Chambre des députés, un par le Conseil d'État, un par la Cour des comptes, un par le Conseil de régence de la Banque de France, deux par l'Académie des sciences et deux par la Chambre de commerce de Paris. Cette commission est chargée de s'assurer de l'émission des pièces au point de vue du poids et du titre. A la fin de chaque année, elle fait vérifier des échantillons prélevés sur chacune des fabrications de l'année, et aussi des pièces extraites au hasard de la circulation.

On désigne sous le nom de *frai* l'usure normale et inévitable des monnaies pendant la circulation. Ce frai est bien moindre avec les alliages monétaires actuels, qui contiennent une proportion notable de cuivre, qu'avec les anciennes pièces d'or ou d'argent purs qui étaient beaucoup moins dures. Il doit être plus élevé pour les petites pièces que pour les grandes.

En fait, le frai se traduit par une perte de valeur considérable. Les expériences de Dumas et Colmont, faites sur 400 000 pièces de 5 francs en argent, ont montré que chacune de ces pièces perd 4 milligrammes par an, ce qui équivaut à 16 francs par an pour 100 000 francs. Le frai enlève peu à peu aux monnaies non seulement leur poids, mais leurs empreintes, et l'on doit, à certaines époques, retirer de la circulation, pour les refondre, certaines pièces dont les empreintes sont trop complètement effacées. Le gouvernement, reprenant ces pièces pour leur valeur nominale et rendant au public le même nombre de pièces au poids légal, subit dans ces opérations une perte considérable. C'est pour compenser cette perte que la plupart des États prélèvent sur les lingots métalliques qui sont apportés à leurs hôtels des monnaies un droit de fabrication. Ce droit sert à payer les frais réels de fabrication, et à couvrir les dépenses occasionnées par les refontes. Il en est de même des tolérances du poids et du titre qui lui permettent, dans les limites des prescriptions légales, de livrer des pièces dont le poids et le titre sont inférieurs de quelques millièmes aux poids et titre légaux. Le bénéfice résultant de cette opération sert à couvrir les frais de refonte.

Les mêmes règles sont adoptées dans presque tous les États. Cependant, en Angleterre, le monnayage est gratuit pour l'or, qui est l'étalon unique, de sorte que la pièce d'or anglaise vaut exactement le même prix qu'un lingot d'or de même poids et titre.

En France, conformément aux prescriptions de la loi du 31 juillet 1879, en exécution depuis le 1er janvier 1880, la fabrication des monnaies est exécutée par voie de régie financière, sous l'autorité du ministre des finances. Le régime de l'entreprise qui avait été adopté autrefois est abandonné.

En vertu de la même loi, toutes les opérations du monnayage sont actuellement concentrées dans un seul hôtel des monnaies, celui de Paris. La retenue à opérer pour frais de fabrication sur les matières versées au change a été maintenue à 6 fr. 70 par kilogramme d'or à 900 millièmes, et 1 fr. 50 par kilogramme d'argent au même titre. Ainsi, pour obtenir la conversion de 900 grammes d'argent fin en 1000 grammes de pièces monnayées au titre de 900 milièmes (200 francs en pièces de 5 francs), il faut payer à la Monnaie 1 fr. 50. On peut dire encore que l'État achète 198 fr. 50 un poids d'argent fin

qui aura une valeur légale de 200 francs dans la circulation ; mais il se charge des frais de fabrication et il fournit les 100 grammes de cuivre nécessaire.

Sont seuls admis de droit au change :

1° Les lingots d'argent propres au monnayage, affinés au titre minimum de 994 millièmes et de poids de 30 à 35 kilogrammes. C'est le poids ordinaire des lingots qui circulent communément dans le commerce des métaux précieux, et qui sont reçus par la Banque de France ;

2° Les monnaies étrangères inscrites au tarif ;

3° Les ouvrages d'or et d'argent marqués du poinçon de titre français.

Le tableau suivant, emprunté à l'*Annuaire du Bureau des longitudes* pour l'an 1889 (p. 338), indique la valeur des pièces d'argent fabriquées en France, selon le système décimal, de 1795 au 31 décembre 1887.

Désignation des types.

Première République (Hercule).............	106 237 255 francs.
Napoléon.................................	887 830 055,50
Louis XVIII..............................	614 830 109,75
Charles X................................	632 511 320,50
Louis-Philippe...........................	1 756 938 333
Deuxième République (Hercule)............	259 628 845
— (déesse de la Liberté)...	199 619 436,60
Napoléon III.............................	626 294 792
Troisième République (Hercule)...........	363 848 840
— (déesse de la Liberté)....	81 172 149
Total............	5 528 911 136,35

dont il faut déduire 222 166 304 fr. 25 qui représentent les pièces de 25 centimes, 2 francs, 1 franc, 50 centimes et 20 centimes qui ont été démonétisées à différentes époques.

Il restait donc en circulation une somme de 5 306 744 832 fr. 40 de pièces d'argent, au 31 décembre 1887.

La valeur des pièces d'or en circulation, à la même date, serait de 8 699 812 370 francs.

Un autre tableau indique la nature des pièces fabriquées pendant la même période :

Nature des pièces d'argent.

5 francs..........	5 060 606 240 francs.
2 francs..........	85 829 890 —
1 franc...........	108 277 482 —
0 fr. 50..........	49 526 491,50
0 fr. 20..........	2 504 728,60
Total.......	5 306 744 832,10

Enfin, nous trouvons, pour la fabrication des espèces d'argent, en 1887, les nombres suivants :

Nature des pièces.

5 francs (1)........	»
2 francs...........	4 685 806 francs.
1 franc...........	3 291 930 —
0 fr. 50...........	932 853 —
0 fr. 20...........	»
Total.......	8 910 589 francs.

tandis que la valeur de l'or monnayé atteint 24 671 930 francs, dont plus de 24 millions en pièces de 20 francs.

(1) On sait qu'aux termes de la convention monétaire de l'Union latine, la frappe des pièces de 5 francs en argent est provisoirement suspendue.

CHAPITRE IV

ESSAIS DES ALLIAGES D'ARGENT ET DE CUIVRE

L'essai de ces alliages s'est tellement perfectionné depuis un siècle qu'il est devenu une des opérations analytiques à la fois les plus rapides et les plus précises que nous connaissions. Le très grand intérêt que les gouvernements et le public ont à fournir et à recevoir des monnaies et des alliages possédant exactement le titre légal rend cette précision nécessaire.

Dans les temps anciens, ces procédés d'analyses, comme beaucoup d'autres, étaient peu connus et assez mal pratiqués. Il est vrai que quelques auteurs pensent que la coupellation était employée par les Hébreux et les anciens Égyptiens; très certainement on y avait recours au huitième siècle de notre ère, car le célèbre alchimiste arabe Geber la décrit minutieusement.

Mais dans presque tous les cas ce n'était qu'un procédé d'analyse qualitative; il permettait de reconnaître si un métal blanc était formé de plomb ou d'étain qui disparaissaient pendant la coupellation, ou bien d'argent qui résistait à cette épreuve. Mais on ne l'employait pas pour déterminer les proportions d'argent et de cuivre contenus dans les alliages de ces deux métaux. Ces alliages mêmes n'avaient pas d'emploi, les monnaies et les divers objets d'argent étant alors fabriqués avec de l'argent pur. Lorsqu'on voulait reconnaître la pureté de l'argent, on avait recours plus généralement à la pierre de touche, méthode qui est encore employée aujourd'hui pour fournir des indications sur le titre des objets d'argent, mais qui ne donne pas des résultats bien exacts.

Au moyen âge, on faisait l'essai des monnaies d'argent au moyen de l'*échoppe*. On appelait ainsi un petit instrument qui permettait d'enlever à la pièce de monnaie quelques grains d'alliage que l'on plaçait sur des charbons ardents; on estimait alors, par la couleur plus ou moins blanche que prenait le métal fondu, la pureté de l'argent. C'était l'*essai à la raclure* ou à l'*échoppe*.

A partir du règne de Philippe de Valois, on employa la coupellation comme procédé d'analyse quantitative des monnaies et autres matières d'argent. Après avoir pendant longtemps altéré lui-même le titre des pièces et fabriqué de la fausse monnaie, ce prince rendit en 1343 une ordonnance instituant un service officiel d'essais. La coupellation y est décrite en détail :

« Les coupelles sont de petits vaisseaux plats et peu creux, composez de cendres de sarment et d'os de pieds de mouton calcinez et bien lessivez; pour en séparer les sels qui feroient pétiller la matière de l'essay, on bat bien le tout ensemble, et après cela on met, dans l'endroit où l'on a fait le creux, une goutte de liqueur qui n'est autre chose que de l'eau où on a délayé de la maschoire de

brochet, ou de la corne de cerf calcinez ; ce qui fait une manière de vernis blanc dans le creux de la coupelle, afin que la matière de l'essay y puisse estre plus nettement, et que le bouton de l'essay s'en détache plus facilement. »

L'ordonnance insiste ensuite sur la nécessité d'ajouter du plomb bien pur « qui ne tienne or, argent, cuivre, ne soudure, ne nulle autre communication... »

Enfin, elle indique des précautions minutieuses relatives à l'emploi de la balance pour la pesée de la prise d'essai et du bouton d'argent :

« Le général essayeur ou l'essayeur particulier doit avoir ses balances bonnes et légères, loyaux et justes, qui ne jaugent d'un costé ne d'autre. Quand il pèse les essays, il doit estre en lieu où il n'y ait vent ne froidure, et garder que son haleine ne charge la balance (1). »

En 1832, Gay-Lussac imagina un autre procédé d'essai, dit *par voie humide ;* il est aussi exact et beaucoup plus expéditif que la coupellation ; aussi lui donne-t-on, depuis cette époque, la préférence.

Nous décrirons en détail ces deux méthodes : par voie sèche (la coupellation) et par voie humide, puis nous indiquerons le principe de quelques autres procédés moins employés. Nous ne nous occuperons ici que de l'essai des alliages d'argent et de cuivre usuels, l'essai des minerais d'argent et des alliages aurifères ayant été traité dans d'autres parties de cet ouvrage.

1° ESSAI PAR LA VOIE SÈCHE (COUPELLATION).

Cette opération est fondée sur les propriétés suivantes de l'argent, du cuivre, du plomb et de leurs oxydes :

1° L'argent fondu, même au-dessus de 1000 degrés, est complètement inoxydable à l'air et n'est pas volatil ;

2° Le plomb fond à 334 degrés et se transforme très rapidement à l'air, vers 1000 degrés, en oxyde de plomb (litharge) fondu ;

3° Le cuivre fond vers 750 degrés et se change aussi très vite en oxyde à 1000 degrés, au contact de l'air ; cet oxyde se dissout dans la litharge fondue ;

4° La cendre d'os calcinés absorbe un peu plus de son poids de litharge fondue ; cette absorption n'est pas empêchée par la présence de l'oxyde de cuivre dissous dans la litharge.

On utilise ces diverses propriétés de la manière suivante :



FIG. 7.

Les *coupelles* sont fabriquées avec de la cendre d'os calcinés ; on leur donne la forme de petites *coupes* (fig. 7) ou capsules très épaisses. On place dans leur

(1) Hœfer, *Histoire de la chimie*, t. I, p. 498 et suiv.

cavité un certain poids de plomb, que l'on porte à une température supérieure à celle de la fusion du métal, puis un poids plus faible de l'alliage d'argent et du cuivre, lequel forme avec le plomb un alliage ternaire fondu. A mesure que le cuivre et le plomb s'oxydent, la litharge chargée d'oxyde de cuivre entre dans les pores de la coupelle, comme le ferait un liquide à travers les pores d'un filtre. L'argent reste inaltéré sous forme de bouton fondu. Lorsque l'opération est terminée, on détache le bouton et on le pèse.

Tel est le principe de la méthode.

Les coupelles sont formées avec des os calcinés au contact de l'air et réduits ensuite en poudre fine. La cendre d'os ainsi obtenue, formée de phosphate et de carbonate de chaux, est humectée avec de l'eau, ou mieux avec une dissolution à 2 pour 100 de potasse, pour que la matière soit légèrement plastique. On introduit ensuite la pâte ainsi préparée dans un moule métallique représenté figure 8.

Ce moule se compose d'un cylindre 1, évidé à l'intérieur, d'un pilon 2, terminé à l'extrémité inférieure par une partie convexe bordée d'un filet, et d'un disque mobile 3, à bord en biais, disposé à la base du moule, dans lequel il pénètre par la partie inférieure ; ce disque sert de fond mobile à la coupelle et entre exactement dans la cavité de la base du cylindre. Celui-ci étant rempli de la pâte de cendre d'os, on frappe un seul coup sur le pilon au moyen du marteau 4. Les différentes pièces se détachent ensuite aisément. Les coupelles préparées sont séchées à l'air, autant que possible au soleil, et enfin à un feu doux. Cette dernière précaution est indispensable, les coupelles humides se fendant fréquemment sous l'influence du brusque courant de vapeur d'eau qu'elles produisent lorsqu'on les expose à la température du moufle.

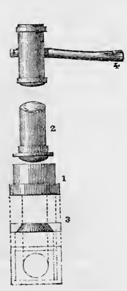


Fig. 8.

Cette fabrication des coupelles demande une grande expérience. Celles de la Monnaie de Paris ont une réputation européenne et sont expédiées dans tous les laboratoires d'essai.

Le fourneau dans lequel se fait la coupellation ressemble beaucoup au fourneau à réverbère des chimistes (fig. 9).

Il est en terre réfractaire et ordinairement cerclé de bandes de tôle. Il comprend un foyer, un laboratoire et au-dessus un dôme. Le laboratoire, placé entre le foyer et le dôme, porte une ouverture ayant à peu près la forme d'un demi-cercle dont le diamètre est horizontal ; c'est dans cette ouverture qu'on introduit le moufle qui repose sur un appui en terre fixé sur l'autre face, à l'intérieur, et à la partie inférieure du laboratoire. On peut donc utiliser un fourneau à réverbère ordinaire, en modifiant seulement la forme du laboratoire.

Ce fourneau doit être chauffé au charbon de bois.

Le moufle, en terre réfractaire, est une petite voûte formée par un demi-cylindre, appuyé sur une partie plane, et fermée à une de ses extrémités (fig. 10).

Il doit être de faible épaisseur, bien homogène, et d'un diamètre un peu inférieur à celui de l'ouverture demi-circulaire du laboratoire. Il porte sur deux côtés plusieurs très petites ouvertures, sous forme de rainures ou de trous, qui permettent à l'air de circuler à l'intérieur et de s'échapper dans le fourneau, tout en empêchant le combustible de pénétrer jusqu'aux coupelles.

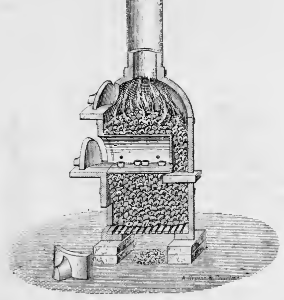


Fig. 9.

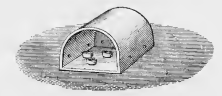


Fig. 10.

On maintient ordinairement le moufle dans le laboratoire au moyen d'un lut argileux placé à l'entrée du fourneau et au fond du moufle. Il doit être fixé de manière que sa surface plane soit bien horizontale, pour éviter les écoulements de plomb hors des coupelles. Il faut pouvoir le détacher et le remplacer aisément lorsque sous l'action d'un feu trop brusque, ou de quelque autre

accident, il vient à se briser. C'est la partie délicate de l'appareil à coupellation.

Il est fermé en avant par une porte mobile. Des pinces métalliques permettent de manœuvrer cette porte et de saisir les coupelles chaudes.

Depuis quelques années, on remplace, dans beaucoup de laboratoires, le fourneau à charbon que nous venons de décrire par un fourneau à gaz.

Cet appareil (fig. 11) contient un moufle semblable au précédent, entouré d'une série de briquettes mobiles qui forment l'enceinte du four. Cette enceinte est, elle-même, séparée par un intervalle vide, communiquant avec la cheminée

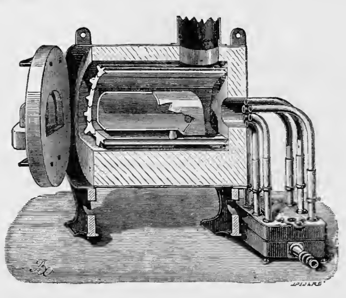


Fig. 11.

d'appel. La température du rouge-cerise est obtenue au moyen d'une série de six gros becs Bunsen accouplés, dans lesquels l'arrivée de l'air est réglée par le jeu d'un registre unique. La flamme entoure immédiatement le moufle, puis passe dans la seconde enceinte qui constitue une enveloppe protectrice.

Ces appareils présentent certains avantages sur les fourneaux à charbon ; leur maniement est plus simple et la température y est plus facile à régler. Mais ils consomment des quantités considérables de gaz d'éclairage et exigent une très large canalisation.

On peut aussi employer l'air carburé pour chauffer ces fourneaux.

Les coupelles, devant servir à l'essai, étant disposées dans le moufle, et le feu bien allumé, on place dans chaque coupelle la quantité de plomb *pur* qui est nécessaire. Ordinairement, on ne met le plomb dans la coupelle que lorsqu'elle est au rouge-cerise.

Quant au poids de plomb que l'on doit employer, il doit varier avec la nature de l'alliage. Le tableau suivant indique quelle est cette quantité :

Titres de l'argent.	Plomb nécessaire à la coupellation de 1 gramme d'alliage.
Argent à 1000 millièmes	0,3
— 950 —	3,0
— 900 —	7,0
— 800 —	10,0
— 700 —	12,0
— 600 —	14,0
— 500 —	16 à 17 grammes.
— 400 —	
— 300 —	
— 200 —	
— 100 —	
Cuivre pur	

On a l'habitude d'opérer toujours sur 1 gramme d'alliage, de sorte que les poids inscrits dans la seconde colonne de ce tableau représentent précisément en grammes la quantité de plomb qu'il faut prendre. De même, le nombre de milligrammes qui exprime le poids du bouton d'argent (bouton de retour), indique directement en millièmes le titre de l'alliage. Un bouton de 850 milligrammes correspond à un alliage à 850 millièmes.

On remarque que la quantité de plomb nécessaire augmente au début très rapidement, avec la proportion de cuivre de l'alliage; ainsi, il en faut près de 3 grammes pour les 50 milligrammes de cuivre de l'alliage à 950 millièmes. Puis cette quantité augmente moins vite; ainsi l'alliage à 600 millièmes n'exige que 2 grammes de plomb de plus que l'alliage à 700 millièmes, soit 1 gramme de plomb pour 60 milligrammes de cuivre. Au delà même, à partir du titre de 500 millièmes, la quantité de plomb qu'il faut employer reste constante jusqu'au cuivre pur; ainsi 1 gramme de cuivre pur n'exige pas plus de plomb que 0gr,5 de cuivre allié à 0gr,5 d'argent. Ces faits, établis par expérience, n'ont pas été expliqués.

Dans tous les cas, on doit admettre qu'une coupelle absorbe aisément son poids de plomb à l'état de litharge plus ou moins chargée d'oxyde de cuivre. De sorte que le choix de la coupelle est facile : pour un alliage à 800 millièmes, elle devra peser 10 grammes ; pour un alliage à 500 millièmes, son poids doit être de 16 à 17 grammes. Le fabricant de coupelles réserve une cavité plus ou moins grande suivant le poids de chaque coupelle et par conséquent suivant le poids du plomb qu'elle doit recevoir.

Pour les titres intermédiaires entre ceux qui sont indiqués au tableau précédent, on calcule le poids du plomb et de la coupelle d'après une simple proportion arithmétique ; ainsi pour un alliage à 925 millièmes, on devra introduire $\frac{3+7}{2}$ ou 5 grammes de plomb.

Il suffit toujours de peser le plomb au décigramme.

Mais ici une première difficulté se présente : le poids de plomb nécessaire à chaque opération variant avec le titre de l'alliage, il semble qu'il faudrait préalablement connaître ce titre. En fait, il suffit de l'avoir déterminé approximativement. On y arrive soit par un essai à la pierre de touche qui donne le titre à 10 ou 15 millièmes près et qui est très rapide, soit par une coupellation préa-

lable. On peut, par exemple, passer à la coupelle $0^{gr},100$ de l'alliage dont on ne connaît pas le titre avec 1 gramme de plomb; on obtient ainsi un premier bouton de retour, de moins de 1 décigramme, qui donne le titre cherché à 10 ou 20 millièmes près. Si la couleur ou les caractères extérieurs de l'alliage indiquaient une dose de cuivre supérieure à 50 pour 100, on prendrait de $1^{gr},5$ à 2 grammes de plomb pour cette coupellation préalable. On a ainsi une indication suffisamment exacte pour connaître la quantité de plomb nécessaire pour l'essai définitif, qui se fait alors sur 1 gramme d'alliage et avec plus de précautions.

Lorsque le plomb a été porté dans la coupelle chauffée au rouge vif, il ne tarde pas à fondre en un seul globule qui prend la forme d'un hémisphère aplati. En même temps, il se recouvre d'une pellicule grisâtre d'oxyde de plomb qui fond bientôt et entre dans la coupelle. A ce moment, et cette première phase de l'opération est très rapide, le globule de plomb fondu devient très brillant; on dit qu'il est *découvert*. La température doit être de 800 à 950 degrés.

On introduit alors, avec une pince légère et élastique, 1 gramme de l'alliage. Ce corps, étant ordinairement en plusieurs fragments, doit être enveloppé dans une mince feuille de plomb ou de papier. On le dépose à la surface du bain. Les trois métaux forment bientôt un mélange homogène fondu qui conserve la forme du globule de plomb et se recouvre à chaque instant de gouttelettes de litharge fondue immédiatement absorbées par la coupelle.

En même temps des fumées blanches se produisent au-dessus de la coupelle, produites par la combustion des vapeurs de plomb qui se dégagent. On doit surveiller cette formation des fumées blanches pendant toute la durée de la coupellation, depuis le moment où l'alliage a été porté dans la coupelle. Lorsque les vapeurs sont trop abondantes, on dit que l'*œuvre* (1) *a trop chaud;* dans ce cas, et surtout lorsque les fumées deviennent rouges, on peut craindre que les vapeurs de plomb n'entraînent un peu d'argent. On doit alors ramener avec précaution la coupelle vers l'orifice du moufle, où la température est toujours un peu moins élevée. On la reporte ensuite au milieu du moufle pour achever la coupellation.

On juge que l'opération est près d'être terminée à la forme et au volume que prend le bouton; pour un alliage à 800 millièmes le volume doit être réduit au dixième environ. A ce moment le bouton ou l'*œuvre* s'arrondit, les points brillants formés par la litharge deviennent plus petits et sont agités d'un mouvement plus rapide. Cet ensemble de caractères suffit pour guider un essayeur expérimenté.

On doit alors amener la coupelle assez près de l'ouverture du moufle, une température trop élevée étant nuisible, surtout à ce moment, et on tient la porte entr'ouverte pour suivre facilement les dernières phases de la réaction.

Peu à peu, les points lumineux qui couraient à la surface disparaissent, et le bouton devient terne; mais ce phénomène ne dure qu'un instant très court, et

(1) Cette expression d'*œuvre* dont se servent encore aujourd'hui les essayeurs est empruntée à l'ancien langage des alchimistes.

presque aussitôt le bouton se recouvre de *bandes irisées* formées par une pellicule très mince d'oxyde de plomb fondu et qui se meuvent dans tous les sens avec rapidité; c'est le phénomène bien connu des lames minces.

Ces irisations disparaissent bientôt, et le bouton redevient terne; on ferme alors presque complètement la porte du moufle, de manière que la température soit assez élevée pour que les dernières traces d'oxyde de plomb entrent dans les pores de la coupelle.

Tout à coup le bouton se découvre, et l'argent apparaît éclatant, en produisant une vive lumière. Cette illumination subite constitue l'*éclair*. Il indique la fin de la coupellation. Presque immédiatement après, l'argent devient plus terne et commence à se solidifier.

Lorsque l'essai a fait l'éclair, on doit le laisser refroidir très lentement si l'on veut éviter le *rochage*, qui est toujours accompagné de pertes d'argent. On dit que l'argent *roche*, lorsque, au moment de sa solidification, le bouton se recouvre de végétations produites par des soulèvements métalliques; la surface, au lieu d'être unie et brillante, est alors surmontée, en certains points, d'aiguilles ou de dentelures irrégulières d'un aspect mat. Pendant longtemps on a supposé que ces végétations étaient dues à la dilatation éprouvée par l'argent en se solidifiant; la couche extérieure, disait-on, se refroidit la première; elle est déjà dure lorsque les parties profondes sont encore liquides; dès que celles-ci prennent l'état solide, leur dilatation ne peut s'effectuer qu'à la condition de faire rompre la couche extérieure, qui livre passage à une partie du métal intérieur. Depuis les expériences de Samuel Lucas, on admet que les végétations sont dues au brusque dégagement d'oxygène que l'argent dissout en assez grande quantité lorsqu'il est fondu, et qu'il abandonne en prenant l'état solide. Dans l'étude chimique de l'argent (*première partie de cet article*), nous avons insisté sur ce phénomène et sur cette curieuse propriété de l'argent fondu. Si telle est la cause du rochage, on doit évidemment le supprimer en conduisant très lentement la solidification du métal, qui perd peu à peu son oxygène. Souvent les essayeurs agitent légèrement la coupelle au moment où le bouton se fige pour faciliter le départ de l'oxygène et éviter qu'il ne se dégage tout à coup.

Le phénomène de l'*éclair* est dû à des causes bien différentes. On admettait autrefois qu'il était produit par le brusque dégagement de chaleur qui accompagne la solidification du bouton. Cependant on avait remarqué que les alliages très riches en argent ne donnent pas d'éclair, ce qui rendait peu acceptable l'explication proposée. Levol a proposé une autre théorie de ce phénomène qui est maintenant généralement acceptée. Il pense que tout le cuivre qui se trouve absorbé en même temps que la litharge dans les pores de la coupelle n'est pas à l'état de bioxyde CuO, mais qu'une fraction de ce cuivre se trouverait à l'état de sous-oxyde Cu^2O. Plusieurs faits d'expérience rendent en effet cette hypothèse très probable. Dès lors, on peut penser qu'au moment où l'argent, sur le point de se solidifier, abandonne l'oxygène qu'il avait dissous, cet oxygène se combine au protoxyde de cuivre de la coupelle pour le transformer en bioxyde. Ce changement correspond, en effet, à un dégagement de chaleur de près de vingt calories par équivalent d'oxygène. Il peut suffire pour

élever momentanément la température du bouton et produire l'illumination que l'on observe. On comprend alors pourquoi l'argent pur ou les alliages très riches en argent ne produisent pas d'éclair, puisque l'oxygène ne rencontre pas ou ne rencontre que très peu de protoxyde de cuivre; en se dégageant totalement dans l'atmosphère, il doit même produire un abaissement de température. Cependant cette explication est encore bien hypothétique. On n'a pas constaté notamment que l'éclair fût d'autant plus brillant que l'alliage est plus riche en cuivre, ni remarqué une tendance moindre au rochage dans ces mêmes alliages, ce qui devrait se produire en admettant l'explication de l'éclair proposée par Levol.

Lorsque l'essai a été trop ou trop longtemps chauffé, ou lorsqu'il y a eu rochage, on doit le rejeter, parce qu'il y a eu certainement des pertes d'argent. Même lorsque ces inconvénients ont été évités, il peut arriver qu'un peu d'argent a pénétré dans les pores de la coupelle; c'est une cause d'erreur presque constante. En sens inverse, le bouton peut n'avoir pas été chauffé à une température assez élevée; il peut alors retenir un peu d'alliage et même du plomb; même dans les très bons essais, le bouton n'est jamais formé d'argent absolument pur, et l'analyse par voie humide indique qu'il est au titre moyen de 992 à 998 millièmes; le titre indiqué par le poids du bouton serait donc un peu trop fort.

De même il peut arriver que le plomb contienne un peu d'argent. Les Romains n'ignoraient pas que les galènes naturelles sont presque toujours argentifères, et dans son ordonnance de 1343, Philippe de Valois insiste sur la nécessité d'employer du plomb exempt d'argent pour la coupellation. En fait, tous les échantillons de plomb du commerce sont un peu argentifères, aussi doit-on se servir du plomb pauvre ou mieux encore du plomb purifié par des procédés chimiques. Cette cause d'erreur est d'ailleurs d'autant plus à craindre que l'alliage à analyser est plus pauvre en argent, parce qu'il faut un grand excès de plomb, et c'est précisément pour l'analyse de ces alliages pauvres qu'il faut surtout avoir du plomb exempt d'argent, puisque le poids du bouton de retour est très faible. On se sert généralement du plomb obtenu en décomposant par la chaleur le nitrate de plomb purifié par cristallisation, et traitant l'oxyde par du charbon de sucre dans un creuset. Quelquefois on emploie le plomb métallique obtenu par l'action à froid d'une lame de zinc sur une dissolution de chlorure de plomb pur, après avoir bien lavé le métal et l'avoir fondu.

Cependant, parmi ces causes d'erreur, ce sont les premières qui prédominent. Il en résulte que le titre obtenu par la coupellation est constamment trop faible, même lorsqu'elle a été très bien conduite.

Aussi faut-il ajouter au résultat donné par la pesée du bouton de retour un nombre moyen que l'expérience seule peut déterminer. Pour évaluer cette correction avec quelque précision, le meilleur moyen consiste à placer dans une autre coupelle disposée à côté de la première, et traitée exactement de la même manière, un autre essai dans lequel on aura placé le poids d'argent et le poids de cuivre purs qui correspondent au titre approximatif donné par l'essai préliminaire. Le bouton que l'on obtient ainsi pèse un peu moins que l'argent pur qui a été employé; la différence du poids est précisément la correction à ajouter au titre obtenu dans l'essai véritable.

Mais ce procédé est long et compliqué. Dans des laboratoires comme ceux des hôtels des monnaies où l'on fait un grand nombre de coupellations avec les mêmes instruments et matières premières, chaque essayeur peut construire à l'avance une table de compensation pour les divers titres en traitant des alliages de composition connue. Voici, d'après Debray (1), la table de correction adoptée au laboratoire des essais de la Commission des monnaies de Paris :

Titres exacts.	Titres trouvés par la coupellation.	Correction à ajouter aux titres obtenus.
1000	998,97	1,03
975	973,24	1,76
950	947,50	2,50
925	921,75	3,25
900	896,00	4,00
875	870,93	4,07
850	845,85	4,15
825	820,78	4,22
800	795,80	4,30
775	770,79	4,41
750	745,48	4,52
725	720,36	4,64
700	695,25	4,75
675	670,27	4,73
650	645,29	4,71
625	620,30	4,70
600	595,32	4,68
575	570,32	4,68
550	545,32	4,68
525	520,32	4,68
500	495,32	4,68
475	470,50	4,50
450	445,69	4,31
425	420,87	4,13
400	396,05	3,95
375	371,39	3,61
350	346,73	3,27
325	322,06	2,94
300	297,40	2,60
275	272,42	2,58
250	247,44	2,56
225	222,45	2,55
200	197,47	2,53
175	172,88	2,12
150	148,30	1,70
125	123,71	1,29
100	99,12	0,88
75	74.34	0,66
50	49,56	0,44
25	24,78	0,22

On voit immédiatement, à l'inspection de ces nombres, que l'erreur commise peut atteindre plus de 4 millièmes, précisément pour les alliages contenant de

(1) Article ESSAIS du *Dictionnaire de chimie* de Würtz, t. II, p. 1263.

400 à 900 millièmes d'argent fin, c'est-à-dire pour ceux dont l'analyse se fait le plus souvent. De plus, pour obtenir cette précision relative, on doit conduire l'essai avec beaucoup de soin; il exige une surveillance constante, et demande beaucoup de temps (1).

Ces causes d'erreur sont encore plus variables lorsque l'alliage contient, outre le cuivre et l'argent, un peu d'or, du platine ou du palladium; les tables précédentes ne peuvent plus être employées dans ce cas, et il devient nécessaire de faire en même temps l'essai d'un *témoin*, c'est-à-dire d'un alliage présentant à peu près la même composition que l'essai définitif, et une composition connue.

Tels sont les inconvénients de ce procédé d'analyse par voie sèche. Comme pendant très longtemps il fut considéré comme le seul mode d'essai légal et que le titre qu'il donne est constamment inférieur au titre réel, on était obligé, pour la fabrication des monnaies et des objets d'orfèvrerie, d'employer des alliages un peu plus riches, par exemple à 904 ou 905 millièmes, au lieu de 900, pour que la coupellation pût donner 900 millièmes. Ces inconvénients amenèrent des plaintes fondées, qui eurent pour conséquence immédiate une étude nouvelle et sérieuse de l'essai par coupellation. Pour lever tous les doutes, on prépara à Paris, avec tous les soins possibles, des alliages d'argent et de cuivre aux titres de 800, 900 et 950 millièmes; on en envoya des échantillons dans les bureaux de contrôle les plus importants de l'Europe, à Vienne, à Madrid, à Londres, à Amsterdam, à Utrecht, à Naples, à Hambourg, à Altona; à Paris, ils furent essayés par d'Arcet et Vauquelin.

Partout on eut une perte en argent qui fut en moyenne de 5 à 6 millièmes, et qui atteignit quelquefois de 9 à 13 millièmes (2).

Pour répondre aux justes réclamations des directeurs des monnaies, Gay-Lussac proposa en 1830 et fit adopter une méthode beaucoup plus exacte, dite par *voie humide* (3).

2° ESSAI PAR LA VOIE HUMIDE.

Ce procédé peu à peu a remplacé la coupellation; on l'emploie aujourd'hui dans tous les hôtels des monnaies et dans les laboratoires des essayeurs du commerce.

Il est fondé sur la propriété que possèdent les chlorures solubles de précipiter entièrement l'argent de sa dissolution dans l'acide azotique, sans agir sur les

(1) On a proposé de remplacer le plomb par le bismuth qui jouit des mêmes propriétés, mais les avantages de cette substitution sont douteux, et on ne l'a pas adoptée.

(2) Mohr et Classen, *Analyse chimique par les liqueurs titrées*, 3e édit. française par Gautier, p. 388.

(3) Il s'agit ici seulement de l'essai des matières d'argent et des alliages monétaires qui contiennent toujours une dose considérable d'argent, car, pour constater la présence de très petites quantités de ce métal, l'essai par voie humide n'est pas employé; c'est par la coupellation que Malaguti, Durocher et Sarzeaud ont pu constater la présence de millionièmes d'argent dans les produits d'évaporation des eaux de la mer.

métaux avec lesquels l'argent se trouve allié dans les matières d'argent. L'équation :

$$AgO,AzO^5 + MCl = MO,AzO^5 + AgCl$$

rend compte de cette précipitation, M pouvant être un métal alcalin ou alcalino-terreux, ou encore un mélange de ces métaux.

Le chlorure d'argent formé peut être facilement séparé, car il est complètement insoluble dans l'eau et dans l'acide azotique étendu. Il se rassemble rapidement en flocons caillebottés lorsqu'on agite la liqueur tiède dans laquelle il s'est formé, et se dépose en laissant le liquide parfaitement clair et transparent. On reconnaît alors s'il reste de l'argent dans la liqueur, ou si le chlorure soluble s'y trouve en excès; dans le premier cas, la dissolution se trouble par l'addition d'une goutte de chlorure soluble; dans le second cas, elle précipite par l'azotate d'argent.

L'analyse des alliages d'argent par une dissolution de chlorure de sodium, après dissolution de l'alliage dans l'acide azotique pur, peut être exécutée de trois manières différentes :

1° On précipite l'argent par un léger excès de sel marin; on filtre, on lave et on dessèche le précipité; de son poids on déduit le poids de l'argent;

2° Le titre d'une dissolution de sel marin étant connu, on détermine le poids qu'il faut en prendre pour précipiter exactement tout l'argent contenu dans l'alliage;

3° Ce titre étant connu, on détermine le volume qu'il faut en employer pour la précipitation complète.

De ces trois méthodes, c'est la dernière qui a été choisie par Gay-Lussac, parce qu'elle est d'une exécution très facile et plus rapide.

La réaction chimique décrite plus haut nous indique que, pour précipiter exactement 108 grammes d'argent (1), il faut employer 35gr,5 de chlore, soit 58gr,5 de chlorure de sodium pur, ou bien, pour 1 gramme d'argent, 0gr,5414 de ce chlorure.

L'essai par voie humide doit être précédé de la préparation préalable : 1° d'argent pur à 1 000 millièmes; 2° d'une dissolution contenant 5gr,414 de chlorure de sodium pur dans un litre, dite *dissolution normale salée;* 3° d'une *dissolution décime salée*, telle que 1 litre de cette liqueur corresponde exactement à 100 centimètres cubes de la précédente; 4° d'une *dissolution décime d'argent*, telle qu'un volume de cette liqueur soit exactement précipité par un volume égal de la dissolution décime salée.

1° *Préparation de l'argent pur.* — Cette opération s'effectue par un des procédés que nous avons indiqués dans l'étude théorique de l'argent. On peut notamment réduire le chlorure d'argent pur par le zinc ou par le carbonate de chaux. Stas a particulièrement recommandé la réduction des solutions ammo-

(1) Exactement 107gr,926 ou 107gr,66, suivant le nombre que l'on prend comme équivalent de l'argent.

niacales d'azotate d'argent par le sulfite d'ammoniaque, en présence d'un sel de cuivre; l'argent réduit, après lavage et dessiccation, est fondu avec 5 pour 100 de son poids de borax, et 0,5 pour 100 de son poids d'azotate de soude. On en fait un lingot que l'on réduit en lames. Ces lames sont lavées à l'acide chlorhydrique qui enlève des traces de fer, puis lavées et desséchées.

2° *Préparation de la dissolution normale salée.* — Si l'on avait à sa disposition du sel marin parfaitement pur et sec, il suffirait d'en peser 5gr,414 et de les dissoudre dans de l'eau distillée de manière à en faire un litre à 15 degrés. On peut, il est vrai, obtenir du chlorure de sodium cristallisé exempt de matières étrangères solides, mais il retient toujours de l'eau. Les dernières traces d'humidité ne sont éliminées qu'à une température assez élevée; or il importe de ne pas fondre le sel, qui, sous l'influence de la flamme, prend une réaction faiblement alcaline, la vapeur d'eau et l'acide carbonique de la flamme l'attaquant un peu en donnant de l'acide chlorhydrique gazeux et du carbonate de soude qui reste mélangé au sel. Cependant certains échantillons du sel gemme très pur peuvent après pulvérisation et dessiccation être employés directement pour la préparation de la liqueur normale salée.

Mais le plus souvent on fait vers 15 degrés une dissolution saturée de sel de cuisine ordinaire. On en pèse 541gr,4 que l'on mélange avec une quantité d'eau ordinaire suffisante pour faire exactement 25 litres. Le poids employé est tel que, si le sel était pur, 100 centimètres cubes précipiteraient exactement 1 gramme d'argent. On rectifie le titre de cette dissolution normale de la manière suivante : on dissout dans un flacon bouché à l'émeri de 200 centimètres cubes 1 gramme d'argent pur dans l'acide azotique, et, après avoir chassé les vapeurs nitreuses, on y verse 100 centimètres cubes de la dissolution salée. Celle-ci étant d'un titre un peu plus faible, après agitation et réunion du précipité du chlorure, il restera un peu d'argent dissous; on ajoute alors goutte à goutte dans le flacon de la liqueur décime salée (1); supposons qu'il soit nécessaire d'employer 6 centimètres cubes de cette liqueur décime pour obtenir la précipitation exacte. Il en résulte que les 100 centimètres cubes de la liqueur normale ne précipitent en réalité que 0gr,994 d'argent, au lieu de 1 gramme, ou bien que les 541gr,4 de la liqueur primitive ne précipitent que 248gr,5 d'argent, au lieu de 250 grammes. Il faut donc ajouter un poids de la liqueur primitive donnée par la proportion :

$$\frac{541,4}{248,5} = \frac{x}{6} \quad \text{d'où } x = 13^{gr},07.$$

On ajoutera 13gr,07 de la dissolution saturée de sel marin à la première liqueur normale salée. On fait ensuite un nouvel essai de la liqueur qui doit être exacte à 1/2 millième près, c'est-à-dire que 100 centimètres cubes doivent précipiter de 0gr,9995 à 1gr,0005 d'argent. On conserve la dissolution pour les essais.

(1) Il n'est même pas nécessaire d'avoir à sa disposition de la liqueur décime salée déjà préparée. Il suffit pour cette expérience de prendre 100 centimètres cubes de la liqueur normale salée que l'on essaye et d'en faire 1 litre.

3° *Préparation de la liqueur décime salée.* — Il suffit de verser 100 centimètres cubes de la liqueur normale dans un vase de 1 litre que l'on achève de remplir jusqu'au trait. Quelques litres de cette dissolution suffisent pour un très grand nombre d'essais.

4° *Préparation de la liqueur décime d'argent.* — On dissout 1 gramme d'argent fin dans un ballon de 1 litre en y ajoutant 5 à 6 centimètres cubes d'acide azotique pur (surtout exempt d'acide chlorhydrique); puis, après avoir chassé avec un soufflet les vapeurs nitreuses, on étend d'eau distillée jusqu'au trait du ballon.

On doit s'assurer que les deux dernières liqueurs se précipitent exactement à volumes égaux.

Ces différentes dissolutions doivent être préparées à une température voisine de + 15 degrés, et conservées dans des flacons bouchés à l'abri de l'évaporation.

Voyons maintenant comment on doit conduire l'essai par voie humide d'un alliage d'argent et de cuivre :

Une opération préliminaire a permis d'*approximer* le titre de l'alliage, c'est-à-dire de déterminer à peu près son titre. On pourrait obtenir ce résultat soit par une première coupellation, soit par un essai au touchau, soit encore par une mesure de densité. Dans presque tous les cas, cette analyse préliminaire est inutile dans les hôtels des monnaies ou dans les laboratoires d'essayeurs, parce que l'on connaît toujours à peu près le titre de l'alliage; on se propose seulement de vérifier qu'une pièce de monnaie divisionnaire à 835 millièmes a un titre réel compris entre 832 et 838, ou qu'une pièce de 5 francs en argent a un titre supérieur à 898 et inférieur à 902 millièmes, ou encore qu'une matière d'argent présentée comme étant au premier ou au second titre contient une quantité d'argent suffisante pour qu'on puisse lui appliquer l'empreinte correspondant à ce titre. Un essai préalable et très rapide à la pierre de touche est toujours suffisant et bien souvent inutile.

Supposons que l'on ait à analyser une pièce de 5 francs en argent, dont le titre doit être de 900 millièmes, avec une tolérance de 2 millièmes au-dessus ou au-dessous, c'est-à-dire que le titre réel doit être compris entre 898 et 902 millièmes. Si l'on admet que la pièce est à la limite inférieure 898 millièmes, la proportion suivante donne la quantité de cet alliage qui contient 1 gramme d'argent :

$$\frac{898}{1000} = \frac{1{,}000}{x} \quad \text{d'où} \quad x = 1^{gr},1136.$$

On pèse donc $1^{gr},1136$ de l'alliage, et on l'introduit dans un flacon de 200 centimètres cubes environ bouché à l'émeri. On y ajoute 5 à 6 centimètres cubes d'acide azotique pur de densité 1,2, et on chauffe un peu au bain-marie le flacon débouché. Après l'attaque des deux métaux, on chasse les vapeurs d'acide hypoazotique au moyen d'un soufflet terminé par un tube de verre. On introduit alors dans le flacon 100 centimètres cubes de liqueur normale salée, et on agite vivement le flacon bien bouché pendant deux ou trois minutes. La

liqueur devient claire, et le précipité d'argent tombe rapidement et se réunit au-dessous du liquide.

Les dissolutions étant exactement titrées, si l'alliage employé est à un titre supérieur à 898, il doit rester de l'argent dissous dans le flacon ; si au contraire son titre est inférieur, il doit s'y trouver un excès de chlorure de sodium.

On ajoute alors 1 centimètre cube de la liqueur décime salée; cette quantité précipite exactement 1 milligramme d'argent. Dans le cas où la dissolution aurait contenu encore un peu d'argent, cette addition produirait un trouve blanc très apparent. On agite de nouveau pour clarifier le liquide, et l'on verse un deuxième centimètre cube de la même liqueur décime salée. S'il se produit encore un précipité appréciable, on clarifie encore le liquide par une nouvelle agitation, et on y ajoute un troisième centimètre cube de solution décime salée, et on continue ainsi jusqu'à ce que le liquide ne se trouble plus.

Supposons, par exemple, que, dans notre expérience, les trois premiers centimètres cubes aient produit un trouble, et que le quatrième n'ait pas altéré la transparence du liquide. On commence par retrancher complètement ce quatrième centimètre cube, car, il a été ajouté inutilement. Quant au troisième, on doit n'en compter que la moitié, car, s'il est certain qu'une fraction de ce centimètre cube a été utilisée pour précipiter les dernières traces d'argent, il est probable que la dernière portion a été inutile. Ne pouvant évaluer cette fraction, on admet qu'elle est égale à 1/2.

Or chaque centimètre cube de liqueur décime salée correspond à un dixième de centimètre cube de liqueur normale, ou à 1 milligramme d'argent, c'est-à-dire à 1 millième de la quantité totale, puisqu'on a pris 1 gramme d'argent pur, ou du moins un poids très voisin de 1 gramme.

L'erreur possible ne peut dépasser un demi-millième.

La quantité réelle d'argent contenue dans $1^{gr},1136$ d'alliage est donc 1 gramme $+ 0^{gr},0025$ ou $1^{gr},0025$, et le titre est donné par la proportion :

$$\frac{1,1136}{1,0025} = \frac{1,000}{x} \quad \text{d'où} \quad x = 900,23.$$

C'est le titre réel.

Supposons maintenant que, lorsqu'on a ajouté les 100 centimètres cubes de liqueur normale salée, agité le liquide et versé 1 centimètre cube de la liqueur décime, il n'y ait pas eu de trouble sensible ; c'est que l'alliage contient moins de 899 milligrammes d'argent dans 1 gramme. La pièce peut cependant être acceptée si elle est exactement au titre de 898. Dans tous les cas, si elle doit être rejetée, il y a intérêt à savoir de combien son titre est trop faible.

On agite de nouveau le liquide, puis on y verse 1 centimètre cube de la liqueur décime d'argent et on agite le flacon. On est ainsi revenu à l'état initial ; les choses sont dans l'état où elles étaient un instant auparavant, lorsqu'on avait ajouté 100 centimètres cubes de la liqueur normale.

On introduit ensuite successivement 1, 2, 3 centimètres cubes de la liqueur décime d'argent, en agitant chaque fois, jusqu'à ce que le centimètre cube ajouté ne produise plus de trouble dans la liqueur claire.

Si cet effet se produisait avec le premier centimètre cube ainsi ajouté, c'est

que les 100 centimètres cubes de liqueur normale salée étaient exactement suffisants pour la précipitation de l'argent. Le titre serait de 898 et la pièce devrait être acceptée.

Si l'on n'obtient ce résultat qu'avec le quatrième centimètre cube, non seulement la pièce doit être rejetée, mais on sait de combien son titre est trop faible, et par conséquent quelle est la quantité d'argent fin que l'on doit ajouter pour la refonte. Pour faire ce calcul, il faut encore retrancher entièrement le dernier centimètre cube, qui n'a pas eu d'action, et la moitié de l'avant-dernier (du troisième), dont une fraction seulement a été nécessaire. On en conclut que la quantité d'alliage employée ne contenait que 1 gramme — $0^{gr},0025$, ou $0^{gr},9975$ d'argent pur. Le titre de l'alliage sera donc fourni par la proportion :

$$\frac{1,1136}{0,9975} = \frac{1,000}{x} \text{ d'où } x = 895,7.$$

L'erreur possible étant encore de 1/2 millième.

Une pareille monnaie sera donc hors des limites légales, et, pour la refondre utilement, il faudra y ajouter 3 milligrammes au moins d'argent fin par gramme, ou 3 grammes par kilogramme.

S'il s'agissait d'une monnaie d'argent divisionnaire à 835 millièmes, l'essai serait conduit de la même manière, en tenant compte de ce que, pour ces monnaies, la tolérance est de 5 millièmes pour les pièces de 1 et de 2 francs, et de 7 à 10 millièmes pour celles de 50 et de 20 centimes, ce qui porte le titre minimum de ces monnaies à 830, 828 et 825 millièmes, et le titre maximum à 840, 842 et 845 millièmes, suivant la nature des pièces.

Pour les matières d'argent destinées à l'orfèvrerie et à la bijouterie, il en serait de même. La tolérance *au-dessous* des deux titres légaux 950 et 800 est de 5 millièmes. Le titre minimum, que l'on doit prendre pour base, est donc 945 et 795 millièmes. En outre, la loi n'a pas fixé de tolérance *au-dessus* des titres légaux, l'intérêt du fabricant suffisant pour l'empêcher de porter au contrôle des matières d'un titre supérieur. De sorte que des objets qui seraient exceptionnellement aux titres de 955, 805 et même 960, 810 millièmes, seraient néanmoins marqués de l'empreinte qui correspond aux premier et second titres. Mais, dans ce cas, le fabricant, averti par l'essayeur, peut toujours, s'il a intérêt à le faire, soumettre à la refonte l'objet trop riche en argent, en y ajoutant un peu de cuivre.

Telles sont les parties essentielles de ces essais d'argent par la voie humide. Mais, pour être complet, il est nécessaire d'indiquer les principaux appareils adoptés par les hôtels des monnaies pour faciliter chacune des opérations qu'on vient de décrire, et de signaler certaines particularités qui peuvent avoir une influence sur l'exactitude des résultats.

Dans les hôtels des monnaies, on fait ordinairement dix essais à la fois. Les dix flacons nécessaires, de la contenance de 200 centimètres cubes, portent chacun un numéro d'ordre; on les place dans les dix cases d'un support à compartiments analogue à celui qui est indiqué dans la partie inférieure de la figure 14; après avoir introduit dans chacun d'eux le poids d'alliage calculé à

l'avance et l'acide nitrique qui doit le dissoudre, on plonge le support dans l'eau chaude. Lorsque les métaux sont dissous, on souffle dans chacun d'eux pour chasser les vapeurs nitreuses, puis on les retire du support pour faire agir la liqueur normale.

Cette addition de liqueur normale salée a lieu au moyen d'un appareil spécial imaginé par Gay-Lussac et modifié depuis par plusieurs essayeurs, notamment par Stas.

L'appareil de Gay-Lussac (fig. 12) comprend un vase en cuivre étamé ou en verre, pouvant contenir au moins de vingt à trente litres de la liqueur titrée. Ce vase est placé sur une tablette, à 1 mètre environ au-dessus de la table où l'on opère. A son ouverture supérieure est fixée une garniture en verre qui porte un tube de Mariotte en verre ou en cuivre étamé, plongeant jusqu'à quelques centimètres du fond. Cette disposition rend l'écoulement constant et empêche l'évaporation de la liqueur à l'air libre.

A la partie inférieure du vase est fixé un tube de cuivre étamé muni d'un robinet et recourbé à angle droit. On a mastiqué verticalement, à la suite de ce tube métallique, un tube en verre assez large, dans l'intérieur duquel se trouve un thermomètre, et qui est relié à la garniture métallique de la pipette de 100 centimètres cubes destinée à mesurer la liqueur normale salée.

Cette garniture est en argent et d'un diamètre plus petit que celui du tube de verre de la pipette. Elle porte à la partie supérieure un robinet, et, immédiatement au-dessous, un petit tube latéral qui peut être fermé plus ou moins complètement au moyen d'un robinet à vis. La pipette porte, sur le tube

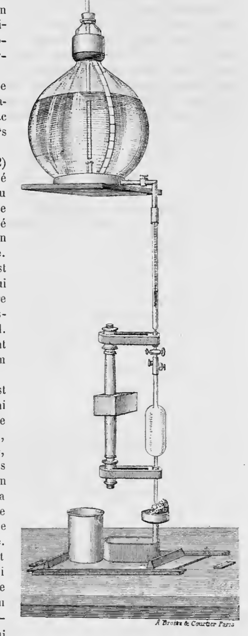


Fig. 12.

supérieur étroit, un trait gravé; le volume compris au-dessous de ce trait, jusqu'à la pointe inférieure, est de 100 centimètres cubes.

Supposons que, le robinet R étant ouvert, le liquide du réservoir remplisse complètement la garniture qui porte ce robinet et le gros tube de verre dans dans lequel se trouve le thermomètre. Si, à ce moment, on ouvre les robinets R′ et R″, et qu'en même temps on bouche avec le doigt l'extrémité inférieure de la pipette, la solution s'écoule sous forme d'un mince filet le long des parois, sans obstruer le tube de la pipette par lequel l'air se dégage. Sous l'influence de la pression produite par le liquide, qui remplit peu à peu la pipette par le bas, l'eau est chassée par le robinet R″. Lorsque le liquide arrive un peu au-dessus

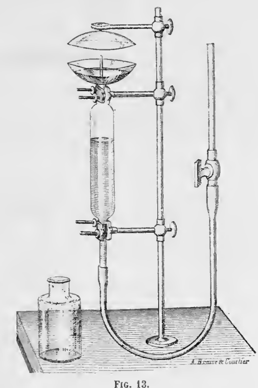


FIG. 13.

du trait, l'essayeur ferme les robinets R′ et R″ et cesse de maintenir fermée avec le doigt l'ouverture inférieure.

C'est alors qu'on utilise le petit chariot dessiné dans le bas de la figure 12. Il porte un compartiment cylindrique en métal destiné à recevoir le flacon débouché qui contient l'alliage dissous, et, à droite, un petit entonnoir qui reçoit une éponge. On commence par amener l'éponge au-dessous de la pipette, et on ouvre un peu le robinet R″ pour faire écouler sur l'éponge quelques gouttes de la liqueur, jusqu'à ce que le niveau supérieur du liquide coïncide très exactement avec le trait de la pipette. On ferme le robinet R″.

Enfin, on fait glisser le chariot à droite, de manière à placer l'ouverture du flacon au-dessous de la pipette, et, ouvrant de nouveau le robinet R″, on fait écouler lentement et d'un seul jet le liquide. La dernière goutte reste adhérente; on la néglige, parce que la pipette a été jaugée et donne exactement 100 centimètres cubes dans ces conditions.

On place alors le flacon, après l'avoir bouché, dans l'un des compartiments d'un plan support spécial, pour agiter le mélange des liquides.

Stas a modifié cet appareil de la manière suivante :

Le tube qui amène la liqueur normale du réservoir à la pipette porte un robinet qui est relié par un tube de caoutchouc à la partie *inférieure* de la pipette. Celle-ci se remplit ainsi par la propre pression de l'eau salée, le robinet étant ouvert, et le liquide en excès atteignant l'extrémité supérieure se déverse dans un godet. A ce moment, on bouche avec le doigt la pointe supérieure, on détache le tube de caoutchouc, et on dispose le flacon au-dessous de la pipette. On n'a plus qu'à soulever le doigt pour faire écouler le liquide.

Pour obtenir rapidement l'*éclaircie* des liqueurs, lorsque tous les flacons ont reçu les 100 centimètres cubes de liqueur normale salée, on les bouche et on les place dans un support à compartiments numérotés disposé de manière que dix flacons puissent être agités ensemble et mécaniquement. Les figures 14 et 15 donnent deux des dispositions les plus employées pour obtenir cette agitation.

Dans l'appareil de la figure 14, les bouchons des dix flacons sont maintenus en place au moyen d'un couvercle composé de deux parties mobiles autour d'une charnière. Le support étant suspendu à un ressort, il suffit de l'abaisser et de l'abandonner à lui-même pour provoquer une agitation pendant plusieurs minutes.

L'autre appareil (fig. 15) est également fixé par le haut à un ressort, et communique au moyen d'un ressort à boudin avec une table fixe placée au-dessous; l'essayeur saisit le support par l'axe *ef* et l'abaisse de quelques centimètres; lorsqu'il l'abandonne, l'appareil est agité de bas en haut et de haut en bas. Le mouvement est plus régulier qu'avec la disposition précédente.

Lorsqu'on juge que l'agitation a été suffisante, on retire les flacons de leurs compartiments, et on les dispose sur une table pour l'addition de la liqueur décime salée.

Cette liqueur est contenue dans un flacon. Un tube, effilé à son extrémité inférieure, et portant un trait de repère correspondant à une capacité de 1 centimètre cube, plonge dans la dissolution. L'essayeur applique le doigt sur l'ouverture supérieure du tube, retire celui-ci du flacon, laisse couler lentement le liquide jusqu'à ce qu'il affleure au trait. Il apporte ce centimètre cube dans le premier flacon, puis fait de même pour chacun des neuf autres. Il examine alors l'état des liqueurs dans tous les flacons, et marque sur la table noire dont il se sert, un trait à la craie auprès de chaque flacon dans lequel il s'est formé un précipité. Les autres sont mis à part. Il replace alors les flacons marqués d'une croix dans les compartiments qui leur correspondent de l'appareil à secousses et provoque une nouvelle agitation. Puis, il les remet sur la table et y ajoute un nouveau centimètre cube de liqueur décime salée. Il sépare ceux

dans lesquels il ne se forme pas de précipité et marque d'une nouvelle croix ceux dont la liqueur se trouble et qui doivent être portés encore une fois dans l'appareil à secousses. Il forme ainsi plusieurs catégories de flacons, suivant le nombre de centimètres cubes de liqueur décime qui ont été nécessaires pour donner une liqueur qui ne précipite plus.

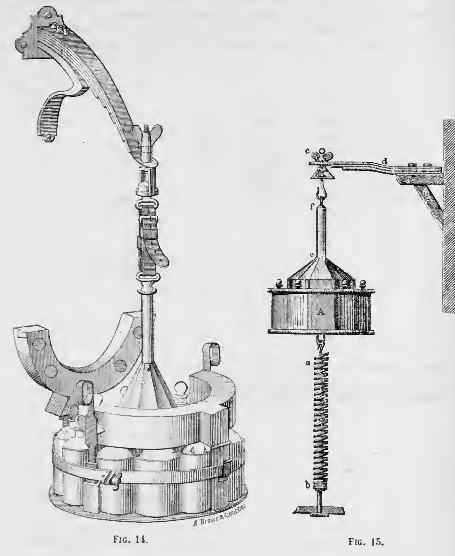


Fig. 14. Fig. 15.

L'emploi de cette petite pipette de 1 centimètre cube a l'inconvénient de ne pouvoir indiquer les fractions de centimètre cube. Mohr (1) a proposé de la

(1) Mohr et Classen, *Analyse chimique par les liqueurs titrées*, 3e édit. française de Gautier, p. 401.

remplacer par une série de burettes à pince de 15 à 20 centimètres cubes, graduées en dixièmes de centimètre cube ; chacune porte un numéro correspondant à celui du flacon à essai. Mulder a imaginé un appareil plus compliqué représenté figures 16 et 17. C'est un double appareil à gouttes composé de deux vases elliptiques allongés en verre, terminés en bas par un tube de caoutchouc. Celui-ci est serré (fig. 17) par deux pinces : l'une supérieure *h* est la pince de Mohr ordinaire ; l'autre *i* est formée d'une lame métallique élastique dont on peut rapprocher les deux branches à l'aide d'une vis *v*, de façon que le liquide ne coule que par gouttes faciles à compter. On règle cette seconde pince une

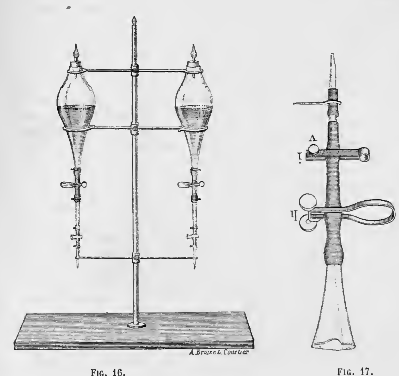


FIG. 16. FIG. 17.

fois pour toutes, de manière que, la première étant ouverte, il tombe environ une goutte par seconde. Le petit tube de verre inférieur est fixé à un anneau qui tient au support afin que la partie inférieure de l'appareil ne puisse pas osciller et qu'il n'y ait pas de gouttes perdues. L'ouverture de ce tube est telle que vingt gouttes occupent exactement 1 centimètre cube.

Si l'on s'est servi de la petite pipette de 1 centimètre cube de Gay-Lussac, on retranche alors, pour chaque série, un demi-centimètre cube de la somme de ceux qui ont été employés utilement, et la totalité de celui qui n'a pas produit de trouble. Le calcul se fait comme nous l'avons indiqué plus haut.

Dans la pratique, on peut le simplifier encore. On admet que chaque centimètre cube *utile* représente autant de millièmes en plus du titre que l'on a pris

comme point de départ. Ainsi, dans l'exemple que nous avons choisi, 1gr,1136 d'alliage au titre supposé de 898 millièmes a exigé, outre les 100 centimètres cubes de liqueur normale salée, 2 centimètres cubes et demi de liqueur décime. On admet que le titre est 898 + 2,5, soit 900,5, tandis que le calcul exact donne 900,23. Mais, comme les résultats ne sont donnés qu'à 1/2 millième près, cette approximation suffit (1).

Dans le cas où les flacons ne donnent pas de trouble avec le premier centimètre cube de liqueur décime salée, on y ajoute 1 centimètre cube de liqueur décime d'argent, et on agite de nouveau, puis successivement de nouveaux centimètres cubes de liqueur décime d'argent, en agitant chaque fois. On retranche en totalité le premier et le dernier, et on compte seulement la moitié de l'avant-dernier et tous les autres. La somme ainsi obtenue exprime à peu près le nombre de millièmes qu'on doit retrancher du titre supposé. En opérant ainsi, on trouverait, pour le second exemple que nous avons choisi, 898 — 2,5, soit 895,5, au lieu de 895,7 que donnerait le calcul exact.

Depuis quelques années, on préfère généralement prendre comme point de départ un titre notablement inférieur, de plusieurs millièmes, à la limite inférieure de la tolérance légale, par exemple 895 millièmes pour les alliages à 900; on est certain alors que tous les essais seront compris dans le premier cas, c'est-à-dire qu'on n'aura à faire usage que de liqueurs salées, normale et décime. On économise ainsi la dépense de la liqueur décime d'argent.

Trois observations doivent trouver place à la suite de cette description.

D'abord la liqueur normale salée, suivant les prescriptions de Gay-Lussac, doit être préparée à la température de + 15 degrés et les pipettes sont graduées dans les mêmes conditions. On a choisi cette température parce qu'il est facile de l'obtenir et même de la maintenir presque constante dans nos climats pendant la plus grande partie de l'année. Cependant, comme cette solution se dilate par la chaleur, il est clair que les variations dans la température doivent altérer son titre en volume. Il est donc indispensable, lorsqu'on se trouve un peu au-dessus et au-dessous de + 15 degrés, de faire subir une correction à tous les essais. C'est pour cette raison que la pipette de Gay-Lussac contient, à l'intérieur du tube de verre large qui la surmonte, un thermomètre qui fournit la température de la liqueur normale au moment de chaque essai. La table de correction est la suivante :

De + 10° à + 12°	+ 0,2
+ 13° à + 14°	+ 0,1
à + 15°	0,0
à + 16°	— 0,1
à + 17°	— 0,2
à + 18°	— 0,3
à + 19°	— 0,5
à + 20°	— 0,6
à + 21°	— 0,8
à + 22°	— 1,0

(1) Avec les appareils de Mohr ou de Mulder, on retranche non plus 1 centimètre cube et demi, mais une goutte et demie.

Ces nombres doivent être retranchés ou ajoutés au résultat (exprimé en millièmes) fourni par l'essai.

Mais ces corrections sont toujours un peu incertaines ; on évite de les faire en employant la méthode suivante, qui permet en même temps d'utiliser une liqueur normale qui ne serait pas très bien préparée : on fait un essai sur 1 gramme d'argent fin. Cette expérience donne, pour la journée, la valeur exacte du titre de la dissolution normale salée, et tous les essais faits le même jour peuvent être corrigés de la différence que ce titre présente par rapport au titre normal. Il suffit de maintenir la température à peu près constante, dans la salle des essais, pendant toute la journée.

Cette méthode dispense les essayeurs de connaître la température de leur liqueur. Aussi, les pipettes dont ils se servent actuellement (pipette de Stas, par exemple) ne portent-elles plus de thermomètre plongé dans le liquide (1).

Une autre difficulté, plus théorique que pratique, provient de ce que, lorsqu'on cherche si un équivalent de chlorure de sodium dissous dans l'eau précipite juste et complètement un équivalent d'argent dissous dans l'acide azotique, on trouve que cela n'arrive pas. Le liquide clair qui surnage donne un très léger précipité aussi bien avec le sel marin qu'avec le sel d'argent. Ce fait, signalé par Mulder, est connu sous le nom de *phénomène de Mulder* dans les laboratoires d'essais. Il est dû à ce que le chlorure d'argent est un peu soluble dans le mélange d'azotate de soude et d'azotate d'argent, de sorte que la liqueur contient à la fois des deux sels et du chlorure d'argent, dans un certain état d'équilibre. Si l'on ajoute alors une trace de chlorure de sodium ou d'azotate d'argent, on trouble cet équilibre, et il se dépose du chlorure d'argent.

Si donc dans une dissolution d'azotate d'argent on verse d'abord une dissolution concentrée de chlorure de sodium, puis à la fin, et goutte à goutte, une dissolution décime de ce sel, en n'employant que juste ce qui est nécessaire pour qu'il ne se forme plus de précipité, l'addition de la solution décime d'argent formera un nouveau précipité léger ; et si, au contraire, on verse cette dernière liqueur goutte à goutte jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun trouble, la liqueur décime salée donnera de nouveau un léger précipité. Si l'on compte le nombre de gouttes de chacune des deux dissolutions décimes qu'il faut ajouter pour passer d'une limite à l'autre, on trouve qu'il est le même, par exemple vingt gouttes dans l'un et l'autre cas. Si, au lieu de ces vingt gouttes on n'en verse que dix, on aura atteint ce que Mulder appelle le *point de neutralité*, c'est-à-dire celui où la dissolution d'azotate d'argent et celle du chlorure de sodium produisent des précipités égalements abondants de chlorure d'argent.

Pour des mesures très exactes, on peut donc choisir trois points différents comme indiquant la fin de la réaction : soit le moment où le sel marin cesse de précipiter l'argent, soit le point de neutralité de Mulder, soit encore celui où la dissolution d'argent cesse de précipiter le chlorure de sodium. Il est d'ailleurs indifférent de prendre l'un ou l'autre, mais il est indispensable de choisir toujours le même. Dans les premiers essais, suivant la méthode de

(1) Les pipettes sont graduées pour 15 degrés, mais entre + 10 degrés et + 20 degrés on peut les employer sans faire de correction.

Gay-Lussac, on prenait une fois le premier et une autre fois le dernier; la différence pouvait alors atteindre 1 millième sur 1 gramme à + 16 degrés. Dans la plupart des laboratoires d'essais, on choisit de préférence le premier point dans toutes les opérations, de sorte que l'analyse est toujours terminée par la liqueur décime salée. C'est ainsi que nous avons opéré pour les alliages plus riches que le titre correspondant à la limite inférieure de la tolérance. Pour les autres, il vaudrait mieux ajouter d'un coup un petit excès, par exemple 3 ou 4 centimètres cubes de liqueur décime d'argent, et ramener avec la liqueur décime salée. On évite ces inconvénients en prenant, comme nous l'avons dit, un point de départ notablement inférieur au titre inférieur de la tolérance.

La solubilité du chlorure d'argent dans le mélange des azotates d'argent et de soude variant avec la température, il est très important d'éviter, pour chaque journée, les échauffements ou refroidissements brusques des liqueurs, et même du mélange contenu dans les flacons (1).

Stas avait proposé de remplacer la liqueur salée par une dissolution de bromure de sodium ou de potassium; le bromure d'argent n'étant pas soluble dans le liquide surnageant, on éviterait l'inconvénient que nous signalons (2). Cette substitution ne paraît pas avoir été adoptée. D'ailleurs on vient de voir qu'en prenant certaines précautions on peut diminuer beaucoup la cause d'erreur due au phénomène de Mulder. Les essayeurs expérimentés apprécient jusqu'à des fractions de millième d'argent. Cette précision n'est jamais nécessaire dans la pratique, d'autant plus que tous les alliages qui ne correspondent pas à la formule Ag^3Cu^4, c'est-à-dire au titre de 718,67 millièmes, ne sont jamais complètement homogènes; les lingots de différents titres contiennent souvent à l'intérieur de 1,5 à 1,7 millième de plus d'argent que sur les bords. Ces différences existent aussi dans les pièces de monnaie frappées, bien qu'elles soient moindres. Pour avoir le titre exact d'un lingot ou d'une pièce, il faudrait faire fondre l'alliage et en retirer un échantillon de la masse fortement agitée. C'est ce que l'on appelle l'*essai à la goutte*. Il est rare qu'on y ait recours (3).

Enfin on rencontre quelquefois dans les essais d'argent des difficultés d'un autre ordre, qui tiennent à la présence dans l'alliage de certains éléments étrangers.

Les lingots d'argent contiennent quelquefois, outre l'argent et le cuivre, de l'or, du platine, dn palladium, du nickel, du mercure et du soufre. Les quatre premiers métaux ou bien ne sont pas attaqués par l'acide nitrique pur, ou bien donnent des dissolutions qui, quoique colorées, n'altèrent pas les résultats de l'essai (4). Il n'en est pas de même du mercure et du soufre.

(1) Voy. Frésénius, *Analyse quantitative*, 3e édit. française, p. 255.

(2) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 1107.

(3) Au moins pour les alliages monétaires ordinaires; mais pour ceux qui sont à bas titre, par exemple à 400 millièmes, les différences peuvent atteindre 40 à 50 millièmes; l'essai à la goutte devient alors nécessaire.

(4) Si l'alliage contenait de l'étain, on remplacerait l'acide azotique, comme dissolvant, par l'acide sulfurique. Lorsqu'il renferme du bismuth, on ajoute à la solution du métal un peu d'acide tartrique, qui, sans s'opposer à la précipitation du chlorure d'argent, empêche celle du chlorure de bismuth.

Le soufre est à l'état de sulfure d'argent ; même à doses très faibles, il rend l'argent cassant. Si même on n'en devine pas la présence avant d'entreprendre l'analyse, on s'en aperçoit pendant l'attaque par l'acide azotique, parce que le sulfure d'argent est insoluble dans l'acide étendu dont on fait usage, et qu'il reste un précipité brun ou noir, ténu, difficile à rassembler. On ne peut le confondre avec l'or qui se rencontre aussi quelquefois, parce que ce métal se réunit rapidement en flocons noirs au fond du flacon. Pour dissoudre le sulfure d'argent, il suffit d'ajouter à la dissolution azotique de l'alliage 8 ou 10 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré, et de maintenir le flacon pendant un quart d'heure environ dans un bain-marie d'eau bouillante ; il se dégage immédiatement d'abondantes vapeurs nitreuses qui annoncent l'attaque du sulfure. Lorsque la dissolution est complète, on chasse les vapeurs et l'analyse est continuée à la manière ordinaire (1).

La présence du mercure est assez fréquente dans les lingots d'argent qui proviennent des mines d'amalgamation, principalement de l'Amérique, lorsque l'amalgame n'a pas été porté à une température suffisamment élevée. Il n'est pas rare d'y rencontrer 2, 5 et même 7 millièmes de ce métal. Dans ce cas, l'essai donne toujours un titre trop élevé, et la *surcharge* est sensiblement égale à la quantité de mercure contenu dans l'alliage, tant que ce poids reste très faible. Ainsi un alliage de 995 d'argent et 5 de mercure donnera un titre de 1000 millièmes d'argent. Ce fait est d'autant plus remarquable que le mercure est précipité dans ce cas à l'état de bichlorure HgCl, en présence de l'acide azotique, et qu'une dissolution de nitrate de bioxyde de mercure ne précipite pas par le chlorure de sodium lorsqu'on opère en l'absence d'azotate d'argent. Ce phénomène signalé par Gay-Lussac a été étudié par Levol, Debray (2) et Stas (3).

On reconnaît immédiatement que l'essai est *mercurié*, à la difficulté que l'on éprouve à l'éclaircir après la précipitation. La liqueur reste trouble. En outre, le chlorure d'argent précipité, retenant du bichlorure de mercure, est beaucoup moins altérable à la lumière.

Il suffit même de 5 millièmes de mercure pour rendre le chlorure d'argent tout à fait inaltérable, et l'on reconnaît facilement la présence de 1 millième de ce métal à la lenteur avec laquelle le précipité noircit, si l'on opère par comparaison avec un essai non mercurié.

Gay-Lussac a conseillé, pour obtenir dans ce cas un résultat exact, d'ajouter à l'acide azotique, avant qu'il ait agi sur l'alliage, un peu d'acétate de soude. Dans ces conditions, l'argent seul est précipité. On pourra toujours avoir recours à ce procédé ; mais il a l'inconvénient d'exiger que l'on recommence l'essai lorsqu'on se sera aperçu de la présence du mercure seulement après ou pendant la précipitation par la liqueur salée.

On peut même utiliser le précipité obtenu dans ce premier essai et éviter

(1) Levol, *Ann. de chim. et phys.* [3], t. XLIV, p. 347. Mascazzini, *Chem. Centralb.*, 1857, p. 300.
(2) *Comptes rendus*, t. LXX, p. 849 (1870).
(3) *Ann. de chim. et phys.* [5], t. III, p. 183 (1873).

d'en faire un autre, si, suivant les indications de Levol, on ajoute au chlorure d'argent souillé de chlorure de mercure, après l'essai, environ 25 centimètres cubes d'ammoniaque caustique, jusqu'à dissolution du précipité, puis à peu près 20 centimètres cubes d'acide acétique, de manière à rendre la liqueur acide. A ce moment le chlorure d'argent seul se précipite avec ses caractères ordinaires. On constate alors que la liqueur s'éclaircit et qu'elle contient un peu de chlorure de sodium en excès. Cet excès est évalué en ajoutant peu à peu de la liqueur décime d'argent. Cette addition permet d'évaluer exactement le titre de l'argent et en même temps la quantité de mercure.

D'après Debray, du chlorure d'argent bien pur change d'aspect au contact d'une solution très étendue de bichlorure de mercure. S'il avait commencé à noircir, il blanchit; s'il était encore blanc, il devient inaltérable. Il se divise beaucoup par l'agitation, et ne se dépose plus que très lentement. Les mêmes phénomènes se produisent lorsqu'on ajoute à du chlorure d'argent du nitrate de bioxyde de mercure; de plus, une certaine quantité d'argent se dissout et devient précipitable par le chlorure de sodium; elle est à peu près équivalente au mercure fixé par le chlorure d'argent. Ce fait paraît dû à la solubilité de ce chlorure dans le nitrate de bioxyde de mercure, comme on peut le constater directement. D'ailleurs ce bichlorure de mercure ainsi entraîné n'est pas combiné, car le précipité l'abandonne complètement lorsqu'on le lave à l'eau distillée, à moins qu'il ne s'agisse d'un chlorure double dissociable par l'eau. Au contraire, le chlorure d'argent n'est presque pas soluble dans l'acétate de bioxyde de mercure. Ces expériences répétées par Stas ont conduit ce chimiste à admettre une explication analogue.

Dans certains pays, où la température normale est assez élevée pour qu'on ait à craindre des changements du titre des liqueurs par évaporation, on remplace l'essai par la liqueur salée par un dosage en poids du chlorure d'argent.

3° AUTRES PROCÉDÉS D'ESSAI.

Malgré les très grands avantanges que présentent les méthodes précédentes, surtout la dernière, on a proposé de leur substituer plusieurs autres procédés de dosage de l'argent. Nous ne les décrirons pas en détail, mais en indiquerons seulement le principe. Ces procédés sont les suivants :

a. Essai par voie humide au moyen du chlorure de sodium, avec le chromate de potasse comme indicateur;
b. Essai par voie humide avec l'iodure de potassium ou l'iodure d'amidon;
c. Essai par voie humide par le sulfocyanure de potassium;
d. Essai au touchau;
e. Essai hydrostatique.

a. *Essai par voie humide au moyen du chlorure de sodium, avec le chromate de potasse comme indicateur.*

Bien que l'analyse d'un alliage d'argent au moyen des liqueurs titrées de chlorure de sodium donne des résultats très exacts, surtout entre les mains des essayeurs exercés qui font chaque jour un grand nombre d'essais, il est certain qu'elle présente quelques inconvénients. Le plus grave est qu'il est quelquefois difficile d'apercevoir le point de saturation. Il est nécessaire d'agiter les flacons après chaque addition de réactif; cette agitation doit être assez prolongée et nécessite l'emploi d'appareils que l'on ne possède guère que dans les laboratoires d'essais. Même dans ces conditions, le liquide surnageant n'est pas toujours absolument limpide. De plus, la présence des matières organiques empêche la précipitation complète du chlorure d'argent.

Aussi a-t-on proposé d'avoir recours à un indicateur coloré qui, au moment précis où tout l'argent est précipité, prendrait une coloration particulière, facile à apprécier. Le chromate neutre de potasse remplit assez bien ces conditions. Lorsqu'on ajoute une dissolution aqueuse de ce sel, qui est jaune, à de l'azotate d'argent, il se forme du chromate d'argent d'un beau rouge, qui reste précipité ou en suspension dans la liqueur contenant de l'azotate de potasse. Cette liqueur est incolore si l'on n'emploie pas un excès de chromate d'argent. Puis, lorsqu'on verse dans ce liquide du chlorure de sodium, il se forme du chlorure d'argent blanc précipité, et du chromate de potasse jaune soluble. Tant qu'il reste de l'argent non transformé en chlorure, le chromate d'argent subsiste avec sa couleur, et au moment où la totalité de ce métal est changée en chlorure, la coloration rouge disparaît. Le point de saturation est ainsi plus facile à saisir.

Cependant cette modification est très rarement adoptée, parce que, le chromate d'argent étant soluble dans les acides, notamment dans l'acide azotique, elle n'est applicable qu'en l'absence d'acide libre, ce qui n'est pas le cas ordinaire dans les essais des alliages d'argent. Il faudrait donc préalablement chasser l'acide azotique en excès ou le neutraliser. De plus, la coloration propre à l'azotate de cuivre gênerait beaucoup pour apprécier le moment de la décoloration du chromate d'argent dont la couleur est précisément complémentaire de celle de l'azotate de cuivre. On peut cependant y avoir recours dans l'analyse de certains lingots d'argent ne contenant pas de cuivre.

Ce procédé est exactement l'inverse du dosage du chlore dans les chlorures au moyen du nitrate d'argent neutre; dans ce dernier cas la neutralité des liqueurs est la condition ordinaire et l'on n'a pas, du moins en général, de solution colorée. On peut alors apprécier très aisément le moment où le chromate jaune de potasse se transforme en chromate d'argent rouge.

b. *Essai par voie humide avec l'iodure de potassium ou l'iodure d'amidon.*

Ces méthodes, proposées par H. Vogel (1) et par Pisani (2), reposent sur la décomposition de l'iodure bleu d'amidon par une dissolution d'azotate d'argent, ce qui donne de l'iodure d'argent et fait disparaître la couleur bleue.

α. Procédé de H. Vogel. — L'argent étant dissous dans l'acide azotique, on prépare une dissolution d'amidon, une liqueur titrée d'iodure de potassium, et une liqueur décime d'argent.

La dissolution d'argent peut contenir de l'acide azotique libre. En outre, on y ajoute de l'acide hypoazotique, de l'acide azoteux ou de l'azotite de potasse. Ce dernier sel, qu'on emploie le plus souvent, doit être pur, exempt de chlorures; il donne de l'azotite d'argent qui reste dissous en présence de l'acide azotique libre.

La dissolution d'amidon se prépare à la manière ordinaire; elle s'altère au bout de quelques jours, et on doit la renouveler.

La liqueur titrée d'iodure de potassium est telle que 1 centimètre cube correspond à 0gr,01 d'argent. On la prépare en dissolvant 10 grammes d'iodure de potassium pur et sec de façon à en faire 1023,4 centimètres cubes. Les deux réactions suivantes se produisent :

$$KI + AgO.AzO^5 = KO.AzO^5 + AgI$$
$$\text{et} \quad 6I + 6(AgO.AzO^5) = AgO.IO^5 + 5AgI.$$

Dans les deux cas, 1 équivalent d'iode correspond à 1 équivalent d'argent. On peut d'ailleurs donner à la liqueur d'iodure un autre titre, pourvu qu'il soit connu.

La dissolution décime d'argent est préparée comme dans le procédé ordinaire de Gay-Lussac; elle sert à compenser un petit excès de liqueur d'iodure ajouté en trop.

Pour opérer, on ajoute à la dissolution d'argent de la solution d'amidon et de l'azotite de potassium, puis on verse la liqueur d'iodure de potassium avec une burette graduée jusqu'à ce que, en agitant, il se produise une coloration bleu pâle, qui se change en une teinte verdâtre à cause de la présence de l'iodure d'argent jaune foncé. Tant qu'il y a de l'argent dans la liqueur, il se produit uniquement de l'iodure d'argent insoluble; mais, dès qu'il est complètement précipité, une goutte de la solution d'iodure en excès est décomposée par l'azotate de potasse acide avec mise en liberté d'une trace d'iode qui colore l'amidon en bleu.

Mais dans la pratique il est moins facile de saisir le moment où la coloration bleue se produit que celui où, dans l'opération inverse, l'iodure bleu d'amidon

(1) *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXXIV, p. 347.
(2) *Ann. mines*, t. X, p. 83 (1856).

est décoloré par l'addition d'azotate d'argent. Aussi, lorsqu'on veut obtenir un résultat exact, faut-il dépasser un peu, avec la liqueur d'iodure, le point de coloration bleue. On revient alors en ajoutant quelques gouttes de la liqueur décime d'argent.

β. *Méthode de Pisani.* — On prépare d'avance une dissolution d'iodure d'amidon, en agitant avec de l'iode une solution filtrée d'amidon, ou bien en broyant 2 grammes d'iode avec 15 grammes d'amidon et 6 à 8 gouttes d'eau, et chauffant le mélange au bain-marie pendant environ une heure, jusqu'à ce que la couleur d'abord bleu violacé passe au gris bleuâtre foncé. Dans ce dernier cas l'iodure est dissous dans de l'eau qui forme un liquide noir bleuâtre foncé.

On titre cette liqueur en la faisant agir sur 10 centimètres cubes d'une dissolution neutre d'azotate d'argent contenant 1 gramme d'argent pur par litre, en ayant soin d'ajouter avant à la liqueur d'argent un peu de carbonate de chaux pur préparé par précipitation (1). Sa concentration est convenable lorsque pour les 10 centimètres cubes de la liqueur d'argent (contenant 10 milligrammes d'argent) il faut employer 50 à 60 centimètres cubes de la dissolution d'iodure d'amidon.

Dans cette réaction, l'argent est transformé en iodure et en hypo-iodite d'argent. Au début la décoloration de l'iodure bleu d'amidon est très rapide; on s'arrête lorsqu'une goutte donne une liqueur bleue ou plutôt vert bleuâtre (à cause de la coloration propre à l'iodure d'argent formé).

Cette méthode n'est pas applicable en présence des sels de protoxyde d'étain, d'antimoine, et de quelques autres.

D'après Frésénius, la méthode de Pisani donne des résultats exacts, tandis que celle de Vogel est moins sûre, la quantité d'iodure de potassium nécessaire pour précipiter un même poids d'argent variant un peu avec la concentration et avec la quantité d'acide libre.

Un inconvénient du procédé de Pisani est le faible titre de la liqueur d'iodure d'amidon. Il faut au moins 50 centimètres cubes de cette solution pour 10 milligrammes d'argent; aussi ne peut-on l'adopter que pour doser de très petites quantités d'argent, ce qui restreint beaucoup son emploi.

Un autre inconvénient commun aux deux méthodes vient de ce que l'on doit opérer en l'absence du cuivre. Cependant le procédé de Pisani serait applicable même s'il y avait un peu de cuivre, à la condition d'étendre beaucoup la dissolution d'argent.

On voit que les conditions nécessaires pour que ces procédés donnent des résultats exacts ne sont pas celles qui se présentent ordinairement dans les essais des alliages d'argent. Aussi sont-ils très rarement employés.

(1) Le carbonate de chaux, en neutralisant les acides libres, permet de reconnaître plus facilement le changement de couleur.

c. *Essai par voie humide, au moyen du sulfocyanure de potassium.*

Cette méthode est due à Volhard (1).

Lorsqu'on mélange une dissolution d'azotate d'argent avec du sulfocyanure de potassium ou d'ammonium, tout l'argent est précipité sous forme de sulfocyanure blanc :

$$AgO.AzO^5 + KS^2C^2Az = AgS^2C^2Az + KO.AzO^5.$$

Pour saisir le moment où tout l'argent est précipité, on ajoute à la dissolution acide d'azotate d'argent un peu de sulfate de peroxyde de fer. Tant qu'il reste de l'argent dans la liqueur, le sulfocyanure alcalin le transforme en un précipité blanc ; dès que la réaction est complète, une goutte ajoutée en excès donne avec le sel de fer la coloration rouge-sang.

On établit le titre de la dissolution de sulfocyanure de potassium ou d'ammonium de manière qu'elle précipite à volume égal une liqueur contenant 10gr,8 d'argent dans 1 litre. Il faut prendre de 7gr,5 à 8 grammes de sulfocyanure d'ammonium, suivant le degré d'humidité du sel, pour 1 litre d'eau. Il est nécessaire que la liqueur d'argent soit fortement acide et qu'elle contienne un excès de sel de peroxyde de fer. Il faut aussi, par une longue ébullition, éliminer complètement l'acide azoteux qui décomposerait le sulfocyanure, puis laisser refroidir complètement avant l'essai, parce que l'acide azotique décompose à chaud l'acide sulfocyanhydrique. L'alliage ne doit contenir ni palladium ni mercure ; il vaut mieux aussi qu'il soit exempt de nickel et de cobalt ; la présence du cuivre ne gêne pas, au moins jusqu'à 70 pour 100. Ce procédé est aussi exact que celui de Gay-Lussac et présente l'avantage d'être d'une exécution beaucoup plus rapide.

d. *Essai au touchau.*

L'essai à la pierre de touche n'est pas souvent employé pour les analyses des alliages d'argent et de cuivre, parce que le résultat obtenu n'est jamais bien exact. Il faut beaucoup d'habitude pour obtenir le titre à 10 millièmes près. On y a cependant recours lorsqu'il s'agit de déterminer si un alliage d'argent est au premier titre (950 millièmes) ou au deuxième titre (800), ou bien pour obtenir approximativement le titre avant de procéder à l'essai par la coupellation.

La pierre de touche est une roche noire, de composition très variable (2), toujours très riche en silice (de 70 à 85 pour 100), d'une certaine dureté, inattaquable aux acides, et capable de recevoir un poli grenu, analogue à celui du verre dépoli. On fait d'abord sur le fragment de pierre de touche trois ou

(1) *Ann. Chem. Pharm.*, t. CXC, p. 20, et *Bull. Soc. chim.*, t. XXII, p. 64 (1874).

(2) Voy. dans Roswag (MÉTALLURGIE DE L'ARGENT, *Encyclopédie chimique*, p. 143) la composition de plusieurs pierres de touche, d'après Vauquelin.

quatre touches, afin de décaper l'objet avant de prendre la touche définitive. A côté de cette dernière trace on en fait d'autres avec des *touchaux* ou *aiguilles à essayer* formés d'alliages de cuivre et d'argent dont les titres sont connus (cuivre pur, 583, 625, 667, 708, 750, 800, 950 millièmes, et argent pur).

On examine attentivement toutes ces traces, et presque toujours on conclut le titre de l'alliage à essayer de cette comparaison. Ce titre est voisin de celui du touchau qui a donné une trace assez semblable comme couleur.

On peut aussi mouiller ces différentes touches avec un acide étendu, soit de l'acide chlorhydrique à 90 pour 100 d'eau, soit de l'acide acétique à 7 degrés Baumé; puis on compare les traces obtenues. On obtient une tache verte avec du cuivre pur ou des alliages à bas titre, et la teinte verte est plus ou moins foncée suivant le titre.

e. *Essai hydrostatique.*

Ce procédé ne donne pas des résultats très exacts, mais il a le très grand avantage de pouvoir être appliqué à des objets que l'on ne veut pas détruire, tels que monnaies, médailles, etc. Il a été recommandé par Karmarsch.

Il suffit de déterminer le poids spécifique de l'alliage. Comme le cuivre et l'argent augmentent de volume lorsqu'on les allie, on doit employer une formule empirique pour déduire le titre T de la densité D. Cette formule est :

$$T = \frac{D - 8,833}{0,0016474}.$$

Ainsi un alliage de densité égale à 10,065 sera à 748 millièmes. Cette formule conduit à des résultats exagérés pour les alliages simplement fondus et peu travaillés; elle ne s'applique assez exactement qu'aux alliages frappés.

CHAPITRE V

ARGENTURE

On doit donner le nom d'*argenture* à toute opération qui a pour but de recouvrir d'une couche plus ou moins épaisse d'argent la surface d'une autre substance.

Il est certain que l'habitude de recouvrir d'une couche mince d'or ou d'argent divers objets en bois, en métal ou en verre, est fort ancienne ; le prix élevé de ces métaux et la propriété qu'ils possèdent de pouvoir se réduire en feuilles minces ont dû donner naissance depuis longtemps à cette industrie. D'après Girardin (1), cet usage remonte au deuxième siècle avant notre ère. Mais il est certain que pendant longtemps on a employé pour dorer et argenter, non pas seulement l'or et l'argent, mais des corps ayant à peu près le même aspect, par exemple l'étain ou le mercure pour l'argent, l'or mussif et même le cuivre pour l'or. C'est ainsi que nous retrouvons dans beaucoup d'écrits alchimiques, notamment dans les papyrus de Leyde, la description des méthodes pour *blanchir* les métaux au moyen de l'arsenic, du mercure, de l'étain. C'était la *leucose* ou λεύκωσις. Il est difficile de croire que l'on ait pu penser obtenir une argenture réelle en recouvrant le cuivre de mercure ou d'étain ; la teinture en argent n'était sans doute que l'application sur le cuivre d'un corps ressemblant plus ou moins à l'argent. Mais l'imperfection des procédés d'analyse était alors si grande que l'on a pu employer ces méthodes pour recouvrir frauduleusement de mercure ou d'étain des disques de cuivre ayant la forme et les empreintes des monnaies et les présenter au public comme des pièces d'argent. Telles étaient notamment les monnaies de Gallien, qui ne contenaient que des traces d'argent.

Mais l'argenture véritable n'était pas non plus inconnue. On a trouvé des pièces romaines et gauloises *fourrées*, formées de cuivre recouvert d'une couche d'argent. Pline signale lui-même cette fabrication. On les préparait sans doute en appliquant à la surface du cuivre des feuilles d'argent. D'après Girardin, on a trouvé à Alise, aujourd'hui Provins, des objets d'airain et de cuivre *plaqués* d'argent, dont un porte le nom de l'artiste. On connaît également des agrafes en fer, damasquinées d'argent, confectionnées dans la Bourgogne. (2)

Les méthodes actuellement connues pour obtenir l'argenture sont assez diffé-

(1) *Chimie élémentaire*, 6ᵉ édit., t. II, p. 630 et 631, en note (1880).

(2) Il est probable que les anciennes civilisations des autres pays connaissaient aussi l'argenture, et que beaucoup d'objets en argent signalés dans les récits des voyageurs étaient en métal argenté.

rentes, suivant que l'on se propose de recouvrir d'une couche d'argent des objets en bois ou en métal, ou bien des plaques ou lames de verre.

Nous décrirons successivement ces deux espèces d'argentures.

1° ARGENTURE DES OBJETS EN BOIS OU EN MÉTAL.

Nous distinguerons :

a. L'argenture des métaux par des plaques d'argent, qu'on appelle aussi *plaqué* ou *doublé ;*

b. L'argenture du bois et des métaux à la feuille ;

c. L'argenture des métaux par l'amalgame d'argent ;

d. L'argenture des métaux à la pâte ;

e. L'argenture des métaux par voie humide ;

f. L'argenture galvanique des métaux.

Bien que ce dernier procédé soit aujourd'hui le plus en usage, nous décri rons cependant très sommairement les autres.

a. *Doublé ou plaqué.*

Cette opération est intermédiaire entre l'argenture à la lame que les anciens pratiquaient fréquemment et l'argenture à la feuille. Pour argenter à la lame, il suffit de revêtir les divers objets de bois ou de métal d'une plaque d'argent qui n'adhère pas et ne se moule qu'imparfaitement sur la surface à recouvrir. Dans le doublé ou plaqué, la lame de cuivre adhère fortement à la plaque d'argent et fait corps avec elle.

Les Gaulois connaissaient ce genre d'industrie que Bolsower fit revivre à Sheffield, en 1742, et qui fut exploité avec une grande perfection en France, depuis les premières années du dix-neuvième siècle. D'après Girardin, on exportait, en 1833, pour plus de trois millions de francs de plaqué français. Mais cette fabrication a été presque complètement abandonnée depuis la découverte de l'argenture galvanique des métaux.

Pour *doubler* ou *plaquer* le cuivre, on choisit une plaque de ce métal de 2 centimètres environ d'épaisseur et du poids de 10 kilogrammes ; on rend une de ses faces parfaitement unie, et, à l'aide du laminoir, on l'étend à peu près au double de sa surface. La plaque est donc réduite à une épaisseur de 1 centimètre et ses côtés sont d'environ 30 et 40 centimètres. On verse alors sur la face polie une dissolution concentrée d'azotate d'argent, qui forme immédiatement un très léger dépôt d'argent pulvérulent, et on applique sur ce dépôt une plaque d'argent fin laminée qui doit recouvrir entièrement le cuivre, et même le déborder tout autour de 1 à 2 millimètres. On rabat cet excédent sur la surface non grattée du cuivre, puis on chauffe au rouge brun les deux plaques superposées, et on les passe au laminoir pour chasser complètement l'air retenu entre les deux métaux, et amener la feuille doublée au degré d'amincissement convenable.

On voit que, dans cette opération, l'adhérence se produit sans soudure, par l'élimination de l'air retenu entre les deux plaques et la compression. L'épaisseur de la plaque doublée peut être réduite par le laminage à 1 millimètre ; c'est ordinairement dans cet état qu'on l'emploie pour la confection des couverts ou vaisselles d'argenterie. Les deux métaux y conservent le rapport d'épaisseur qu'ils avaient entre eux avant l'action du laminoir.

Ce rapport est assez variable. On peut plaquer au dixième, au vingtième ou au quarantième. Pour plaquer au vingtième, on applique sur le cuivre qui pèse 10 kilogrammes une lame d'argent du poids de 500 grammes (1).

b. *Argenture du bois et des métaux à la feuille.*

L'argenture du bois à la feuille se fait en appliquant sur la surface des feuilles très minces d'argent que l'on y fait adhérer au moyen d'une colle très fluide. Cette argenture est toujours peu solide.

L'argenture des métaux, particulièrement du cuivre ou du laiton, à la feuille, consiste à appliquer des feuilles d'argent très minces sur l'objet métallique bien décapé et dont la surface doit être un peu rugueuse pour retenir l'argent (2). On augmente l'adhérence soit en chauffant, soit par la pression d'un brunissoir d'acier. On place ordinairement de quatre à huit feuilles à la fois sur e cuivre, et on en superpose ainsi 30, 40, 50, 60, suivant la solidité et la durée que l'on veut donner à l'argenture. On termine en *brunissant à fond*, c'est-à-dire en polissant avec soin toutes les places avec le brunissoir d'acier, particulièrement les creux et les joints des feuilles, de manière que la surface soit uniformément argentée.

Ce procédé est long et fort dispendieux. On l'emploie cependant encore pour argenter les grands ornements d'église, chandeliers, croix, bénitiers.

c. *Argenture des métaux par l'amalgame d'argent.*

On doit commencer par décaper l'objet comme dans la méthode précédente, puis on étend à la surface, avec un pinceau, une dissolution de nitrate de mercure. On chauffe ensuite l'objet vers 100 degrés et on le recouvre d'amalgame assez fluide pour former une couche uniforme. Enfin, on le porte au rouge pour volatiliser le mercure, et on brunit la surface.

Au lieu d'employer l'amalgame d'argent, on se sert souvent d'un mélange de 1 partie d'argent précipité, 4 parties de sel ammoniac, 4 parties de sel marin, et 1/4 de partie de bichlorure de mercure. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'enduit de nitrate de mercure, et cette pâte s'étend directement sur la surface métallique décapée.

On donne souvent à ce procédé le nom d'argenture au feu.

(1) On peut aussi argenter un fil de cuivre en le recouvrant d'une lame d'argent et le laminant à chaud entre des cylindres cannelés.

(2) On emploie pour le décapage de l'acide sulfurique additionné d'un peu d'acides azotique et chlorhydrique ; on y plonge l'objet chaud.

d. *Argenture des métaux à la pâte.*

On l'appelle souvent argenture *au pouce* ou *au bouchon*. Elle consiste à frotter une lame ou un objet en cuivre ou en laiton avec une pâte à base de chlorure d'argent. L'argent est réduit à l'état métallique, pénètre assez profondément dans le cuivre, et forme à sa surface un enduit très solide qu'on rend encore plus adhérent en faisant rougir la pièce et en la brunissant. Les ouvriers ont une foule de recettes pour la préparation de cette pâte. Voici les deux qui ont été proposées au début :

1°	Chlorure d'argent...........	1 partie.
	Crême de tartre.............	3 —
	Sel marin..................	5 —
2°	Chlorure d'argent..........	3 —
	Carbonate de potasse.........	6 —
	Chlorure de sodium.........	3 —
	Craie......................	2 —

Les matières sont d'abord triturées aussi finement que possible, puis le mélange est broyé à la molette jusqu'à ce qu'il ne présente plus de grains au toucher. On conserve la préparation dans un flacon noir, et, lorsqu'on veut en faire usage, on la délaye dans de l'eau ordinaire jusqu'à consistance de bouillie, et on l'applique au pinceau, au bouchon ou au pouce sur la surface du cuivre. On peut même argenter par ce procédé des objets de cuivre assez légèrement dorés pour que le cuivre puisse agir sur le chlorure d'argent à travers la couche d'or ; on obtient alors des teintes variées (mélange d'or et d'argent) qui sont très recherchées.

On a proposé aussi les recettes suivantes :

3°	Azotate d'argent.............	1 partie.
	Cyanure de potassium.........	3 —

en ajoutant assez d'ean pour former une bouillie épaisse;

4°	Azotate d'argent.............	15 parties.
	Hyposulfite de soude..........	100 —

les deux sels dissous dans l'eau et mélangés.

On se sert plus particulièrement pour argenter les cadrans de montre ou d'horloge d'un mélange de 1 partie d'argent précipité par le cuivre, de 2 parties de sel marin et de 2 parties de tartre.

Le fer ne peut être argenté directement par ce procédé; on doit au préalable, le recouvrir d'une légère couche de cuivre.

e. *Argenture des métaux par voie humide.*

C'est ainsi que l'on argente les menus objets tels que boutons, boucles, épingles, agrafes ; les ouvriers désignent ce procédé sous le nom de *bouillitoire* ou *blanchiment d'argent*. Toutes les recettes indiquées reviennent à rendre le chlorure ou le cyanure d'argent soluble au moyen des chlorures ou cyanures alcalins, sel marin, cyanure de potassium ou sel ammoniac, et à plonger dans les liqueurs bouillantes les pièces de cuivre bien décapées. Elles se recouvrent rapidement d'une couche d'argent très brillante, sans taches ni aspérités. On les lave ensuite avec soin et on les sèche immédiatement. Voici deux des recettes indiquées :

1°	Chlorure d'argent...........	40 grammes.
	Crème de tartre en poudre....	2kg,500
	Sel marin..................	2kg,500

On jette plusieurs cuillerées de cette pâte dans une bouilloire en cuivre pleine d'eau bouillante où se trouve un panier portant les objets que l'on veut blanchir ; on les remue avec une spatule de bois. Il suffit de quelques minutes d'ébullition, et la dose d'argent consommé est presque insignifiante ; 1 kilogramme d'œillets métalliques se blanchit ainsi au prix de 50 centimes, tous frais et bénéfice compris.

2°	Chlorure d'argent............	2 parties.
	Sel marin..................	72 —
	Sulfate de zinc.............	72 —
	Acide arsénieux.............	1 —
	Nitre......................	1 —

Ce mélange est ajouté à l'eau bouillante comme le précédent.

Le bain suivant donne une argenture plus solide et plus éclatante :

3°	Eau........................	10 litres.
	Azotate d'argent............	100 grammes.
	Cyanure de potassium........	600 —

Il suffit de quelques secondes d'ébullition ; mais le prix de revient est un peu plus élevé.

Ce mode d'argenture prend plus particulièrement le nom d'argenture au trempé ou par immersion, lorsqu'on emploie le cyanure de potassium comme dissolvant.

Elkington a beaucoup facilité l'emploi de cette méthode, en ajoutant au bain un peu de bichlorure de mercure. Vers 1840, le même savant découvrit, en même temps que de Ruolz en France, le moyen d'utiliser la pile pour augmenter l'épaisseur de la couche d'argent déposée et pour argenter tous les métaux. C'est l'argenture galvanique, qui est aujourd'hui presque uniquement employée.

f. *Argenture galvanique des métaux.*

Ce procédé est général ; il permet de précipiter sur un métal commun, le fer ou le cuivre, en couches continues, adhérentes, inséparables, et aussi épaisses qu'on le désire, l'or, l'argent, le platine, le cuivre, le zinc, le plomb, le fer, etc.

Le principe de la méthode consiste à dissoudre les métaux à précipiter par des agents convenables, et à décomposer la liqueur par la pile, en prenant comme électrode négative l'objet métallique que l'on veut recouvrir. Sa surface doit être préalablement décapée et bien lavée.

Pour l'argenture, on se sert du cyanure d'argent dissous dans le cyanure de potassium. Pendant l'électrolyse l'argent se porte au pôle négatif où l'on suspend l'objet à argenter ; au pôle positif on place une lame d'argent qui se dissout dans le bain à mesure que l'argent se dépose au pôle négatif ; ainsi la liqueur reste toujours chargée de la même quantité d'argent dissous.

Quant aux proportions à employer, elles sont assez variables, et on connaît un grand nombre de recettes :

1° On dissout 1 kilogramme d'argent dans 3 kilogrammes d'acide azotique on chasse l'excès d'acide en évaporant à siccité, et même jusqu'à fusion. L'azotate d'argent est dissous dans 12 litres d'eau distillée. D'autre part, on ajoute une dissolution de 1 kilogramme de cyanure de potassium dans 5 litres d'eau ; le précipité est recueilli, lavé, puis délayé dans une liqueur contenant 1 kilogramme de cyanure de potassium dans 5 litres d'eau. On ajoute ensuite de l'eau de manière à faire 50 litres d'une dissolution limpide. On doit ensuite, on bien faire bouillir le bain pendant deux ou trois heures, ou bien ajouter 500 grammes de prussiate jaune ou ferrocyanure de potassium, ce qui permet de l'employer immédiatement.

2° On peut aussi se servir du bain suivant :

Eau........................	100 litres.
Chlorure d'argent............	1^{kg},200
Cyanure de potassium.........	4^{kg},500
Carbonate de soude...........	4^{kg},500
Sel marin....................	1^{kg},500

On a encore proposé de dissoudre le sel d'argent (iodure, chlorure, oxalate, carbonate, etc.) dans les cyanures de potassium ou de sodium, l'hyposulfite ou le sulfite de soude.

L'emploi du cyanure de potassium, en présence des carbonates, présentait cet inconvénient qu'il se formait pendant l'électrolyse une certaine quantité de carbonate de potasse qui offrait une certaine résistance au passage du courant électrique et forçait à augmenter considérablement l'énergie de la pile. En remplaçant le cyanure de potassium par le cyanure de calcium, on obtient du carbonate de chaux insoluble, et l'on peut prolonger la durée des bains d'argent en employant des courants constants.

Contrairement à ce qui arrive pour la dorure galvanique, l'argenture s'opère mieux à froid qu'à chaud, ce qui permet d'opérer à la température ordinaire et simplifie les opérations et la disposition des appareils.

Un article spécial de l'*Encyclopédie* étant réservé à l'étude de la galvanoplastie et des dépôts électro-chimiques, il n'entre pas dans notre cadre de décrire les détails des procédés employés pour l'argenture galvanique. Il nous suffit d'en avoir indiqué le principe. Signalons cependant la disposition des cuves dont on se sert dans l'usine Christofle.

Les cuves pour l'argenture (fig. 18) sont d'une vaste capacité ; chacune peut

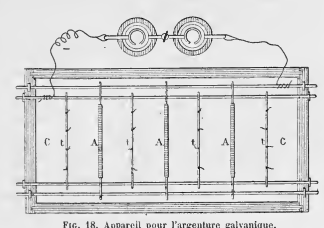


Fig. 18. Appareil pour l'argenture galvanique.

contenir 650 à 700 litres de dissolution, quelquefois davantage. De larges lames d'argent fin A, A, A, de 6 kilogrammes, sont suspendues dans la liqueur et communiquent avec le pôle positif d'une pile Bunsen à deux éléments. En face des lames d'argent sont horizontalement et parallèlement appuyées sur les bords de la cuve, des tringles de métal *t*, *t*, *t*, *t*, en communication avec le pôle négatif. C'est à ces tringles qu'on suspend, par des fils d'argent, tous les vases de cuivre, de laiton, de maillechort, et les divers objets que l'on veut argenter. Chaque atelier contient un grand nombre de cuves semblables à celle que l'on vient de décrire. Chacune d'elles peut argenter à la fois six douzaines de couverts et fournir un dépôt de près de 2 kilogrammes d'argent en vingt-quatre heures. On compte, en général, 60 grammes d'argent fin par douzaine de couverts.

On peut ainsi argenter directement le cuivre, le métal des cloches, le laiton, le tombac, la fonte et le fer ; mais pour les objets en étain ou en acier poli, il faut préalablement les cuivrer galvaniquement pour obtenir une argenture durable ; cette opération est aussi indispensable pour le zinc.

Pendant que le dépôt d'argent s'effectue, on a soin d'agiter le bain pour éviter les taches et les stries ; on obtient cette agitation mécaniquement en élevant et abaissant dans le liquide les objets à argenter.

Au sortir du bain on pèse une des pièces argentées pour juger si la couche

d'argent est suffisante, puis on lave et on dessèche tous les objets. Enfin on les soumet à l'opération du gratte-bossage (1) et du brunissage, qui a pour but de rendre brillante la surface de l'argent qui resterait toujours un peu mate. Ce traitement est poussé plus ou moins loin suivant la destination des objets ; on peut même l'abréger beaucoup en faisant agir pendant quelques heures une très petite quantité de sulfure de carbone sur le liquide à argenter (10 grammes pour 10 litres de bain); le liquide décanté ajouté à un bain ordinaire donne une argenture très brillante. Il n'est presque pas nécessaire de gratte-bosser.

Les objets argentés ayant, comme l'argent lui-même, la propriété de noircir sous l'influence des émanations sulfhydriques, on a proposé de les recouvrir d'une couche très mince de palladium (2).

La méthode galvanique dont nous venons de rappeler le principe n'est applicable directement qu'aux objets métalliques. Pour argenter les corps non conducteurs, tels qu'étoffes, bois, végétaux, cadavres d'animaux, etc., on doit préalablement les recouvrir d'une couche conductrice. On a proposé à cet effet de plonger l'objet dans une dissolution ammoniacale de nitrate d'argent, puis, après l'avoir retiré, de l'exposer à un courant d'hydrogène. La surface se recouvre ainsi d'une mince couche d'argent réduite qui la rend conductrice et dont l'épaisseur peut dès lors être augmentée par le procédé galvanique ordinaire. On peut aussi humecter la surface avec une dissolution étendue d'azotate d'argent, et le porter ensuite dans une atmosphère contenant de l'hydrogène phosphoré. On produit ce gaz à froid par un mélange d'alcool, de phosphore et d'hydrate de potasse; la surface se recouvre d'une couche conductrice de phosphure d'argent.

2° ARGENTURE DES PLAQUES OU LAMES DE VERRE.

a. *Argenture des glaces et miroirs.*

Cette opération peut être substituée à l'étamage des glaces au moyen de l'amalgame d'étain, et remplacer une des fabrications les plus dangereuses pour la santé des ouvriers.

On se propose de recouvrir le dos de la glace d'une couche brillante d'argent; cette couche vue à travers l'épaisseur de la glace forme miroir, comme il arrive pour les glaces étamées.

On sait, depuis les travaux de Liebig, que l'aldéhyde a la propriété de réduire les dissolutions ammoniacales des sels d'argent à l'état métallique et

(1) Le *gratte-boesses*, par corruption *gratte-bosse* ou *gratte-brosse*, est un pinceau en fils de laiton parfaitement dressés et qu'on a solidement réunis en les serrant sur presque toute leur longueur au moyen d'une ficelle qu'on enroule autour d'un manche en bois; le bout du pinceau est coupé très net et très droit.

(2) Ce procédé n'est pas très employé, la couche protectrice étant toujours très mince et ne préservant pas l'objet pendant longtemps. D'ailleurs, on rend les surfaces argentées beaucoup moins altérables en les plongeant, après le brunissage, dans une dissolution de borax, puis les exposant dans un moufle au rouge-cerise, et les trempant enfin dans une dissolution très étendue d'acide sulfurique et séchant.

de former une couche brillante qui adhère fortement au verre. Cette couche est très mince ; son épaisseur peut être inférieure à 1/300 de millimètre ; les rayons solaires la traversent en prenant une teinte bleue.

Les propriétés physiques de l'aldéhyde ordinaire s'opposant à son emploi industriel, on a songé à utiliser d'autres aldéhydes, telles que celles contenues dans les essences de thym, ou de girofle. Enfin on a substitué à ces corps des composés non aldéhydiques, mais alcooliques, très avides d'oxygène comme les précédents, tels que le glucose ou l'acide tartrique. La théorie de ces phénomènes a été donnée dans la première partie de cette étude. La réduction s'explique aisément par l'oxydation simultanée du composé organique employé. On comprend moins bien pourquoi le dépôt métallique, au lieu d'être pulvérulent, ce qui est le cas ordinaire, apparaît sous forme d'une couche homogène et brillante. C'est un fait d'expérience.

Après les premiers essais de Liebig, au moyen de l'aldéhyde, Drayton (1) proposa en 1843 l'emploi des essences de girofle ou de thym. Son procédé a été appliqué industriellement.

On commence par dissoudre dans 80 grammes d'eau distillée 40 grammes d'azotate d'argent pur et neutre. On y ajoute : 1° 5 grammes d'une liqueur faite avec 25 parties d'eau distillée, 10 parties de sous-carbonate d'ammoniaque et 10 parties d'ammoniaque marquant 13 degrés ;

2° 2 grammes d'ammoniaque à 13 degrés;

3° 120 grammes d'alcool à 36 degrés.

On abandonne ensuite cette liqueur à elle-même pour qu'elle s'éclaircisse. Après l'avoir décantée et filtrée, on y verse une goutte d'*esprit de cassia* par gramme de liqueur (2). On agite le mélange et on le filtre au bout de quelques heures. Avant de le mettre en contact avec la glace à argenter, on y ajoute 1/78 d'esprit de girofle (dissolution de 100 parties d'essence de girofle dans 500 parties d'alcool à 36 degrés).

La glace que l'on veut argenter doit avoir été préalablement nettoyée avec de la cendre, lavée et séchée à 35 ou 36 degrés.

On applique sur la glace bien propre le mélange précédent en le chauffant à 40 degrés environ.

Après deux ou trois heures, le dépôt est suffisamment épais ; on décante la liqueur qui sert pour de nouvelles opérations ; le dépôt d'argent est lavé et séché.

R. Wagner (3) a proposé en 1857 d'employer les essences de rose ou de camomille, en ayant soin de les purifier par le bisulfite de soude pour en séparer des matières résineuses.

Liebig a recommandé le procédé suivant (4) :

(1) *Dingl. Polyt. Journ.*, t. XCII, p. 472 ; t. XCIII, p. 137 ; t. XCVI, p. 91, et t. XCVIII, p. 292 et 458.

(2) On donne ce nom à un mélange à parties égales d'alcool à 36 degrés et d'huile essentielle de *laurus cassia*. — La description de ce procédé est empruntée au *Traité de chimie* de Pelouze et Fremy, t. III, p. 1189 (1865).

(3) *Jahresb. der Chem. Technol.*, 1858, p. 190.

(4) Wurtz, *Dictionnaire de chimie*, t. I, p. 382, art. ARGENTURE, et *Journ. für prakt. Chem.*, t. LXVIII, p. 316.

10 grammes de nitrate d'argent fondu sont dissous dans 200 grammes d'eau distillée et additionnés d'ammoniaque en quantité juste suffisante pour redissoudre le précipité. On ajoute peu à peu à la liqueur 450 centimètres cubes d'une lessive de soude bien exempte de chlorure et du poids spécifique de 1,035. Il se produit alors un abondant précipité brun noir que l'on fait disparaître au moyen de quelques gouttes d'ammoniaque. Enfin on étend d'eau distillée le mélange jusqu'à ce qu'il occupe 1450 centimètres cubes. On y verse ensuite goutte à goutte une dissolution étendue de nitrate d'argent jusqu'à ce que la dernière goutte ajoutée y fasse naître un précipité permanent.

On prépare en outre une solution de 1 partie de sucre de lait dans 10 parties d'eau que l'on mélange immédiatement avant de s'en servir avec huit à dix fois son volume de la liqueur d'argent précédente.

La surface du verre doit avoir été soigneusement nettoyée et lavée à l'alcool; on la place dans une cuve de manière qu'elle soit partout à 1 centimètre et demi du fond. Puis on verse la liqueur préparée dans la cuve, jusqu'à ce qu'elle baigne uniformément toute la surface inférieure du verre. La réduction commence immédiatement après l'addition du sucre de lait. Il se dépose sur le verre $2^{gr},2$ d'argent par mètre carré; le reste tombe au fond de la cuve ou s'attache à ses parois. On lave soigneusement la glace argentée avec de l'eau distillée et on la sèche en évitant de la frotter.

Pour préserver la couche métallique des accidents auxquels l'expose sa minceur excessive, Liebig la recouvre d'une couche de cuivre qu'il fait déposer par les procédés ordinaires de la galvanoplastie. La réussite de l'opération dépend de l'adhérence de l'argent, dont l'épaisseur doit être assez faible pour que l'on voie à travers le disque du soleil avec une teinte bleue d'argent.

Löwe (1) propose de remplacer la dissolution de soude de Liebig par une liqueur de glucosate de chaux préparée en dissolvant dans 5 kilogrammes d'eau 50 grammes de sucre de raisin et 20 grammes de chaux vive. On l'ajoute à 1/6 de son volume de la solution de nitrate d'argent ammoniacal exempte d'ammoniaque en excès.

Thomson et Mellish recommandent de laisser pendant deux ou trois jours en contact avec la glace une liqueur formée d'un mélange de 30 grammes d'ammoniaque, 60 grammes d'azotate d'argent, 90 grammes d'alcool et 90 grammes d'eau, et d'une dissolution de 15 grammes de glucose dans 500 centimètres cubes d'alcool étendu de 500 centimètres cubes d'eau.

Hill (2) emploie de préférence comme réducteur le glucose avec un peu de mannite et d'éther. Massé se sert d'acide nitrique. Delamotte propose une solution potassique de coton-poudre, ou de nitro-mannite, ou encore d'acide nitropicrique.

Toutes ces recettes donnent de bons enduits, très brillants et sans taches lorsqu'ils sont récents. Mais peu à peu les glaces laissent voir des taches d'un brun rougeâtre, provenant de ce que l'argent en se précipitant à la surface du verre entraine avec lui des corps qui se résinifient à la longue au contact de

(1) *Dingl. Polyt. Journ.*, t. CXL, p. 204.
(2) *Ibid.*, t. CXL, p. 75.

l'air. On évite presque constamment cet inconvénient en employant le procédé suivant imaginé par Petitjean, et qui est exploité en grand à Paris et à Genève (1).

On prépare deux dissolutions argentiques; pour faire la première, on prend 100 grammes de nitrate d'argent que l'on traite par 62 grammes d'ammoniaque concentrée, de 0,870 à 0,880 de densité, et 500 grammes d'eau distillée. On filtre et on étend la solution de 16 fois son volume d'eau distillée, à laquelle on ajoute goutte à goutte, en agitant fortement, 7^{gr},5 d'acide tartrique dissous préalablement dans 30 grammes d'eau distillée. C'est la liqueur n° 1.

La liqueur n° 2 est préparée de la même manière, sauf que la quantité d'acide tartrique doit être doublée.

Après avoir décapé la glace avec de la potée d'étain blanche, délayée dans de l'eau, que l'on étend sur toute la surface avec un tampon en peau de chamois, on laisse sécher. Quelques minutes après, on essuie avec une autre peau de chamois ou un linge doux; la glace ainsi nettoyée est disposée sur un râtelier à claire-voie, et avec un rouleau ou cylindre en caoutchouc, baigné dans l'eau distillée, que l'on passe et repasse trois ou quatre fois sur la glace, on enlève tous les atomes de poussière qui pourraient rester attachés au verre, lequel doit être très pur et très propre, puis on place la glace sur une toile métallique chauffée de 40 à 50 degrés, recouverte d'une toile cirée ou vernie.

La glace étant placée horizontalement, on verse sur toute sa surface la liqueur n° 1 (environ 3 millimètres d'épaisseur, et autant que la capillarité peut en retenir sur le verre); au bout de sept à dix minutes, le dépôt commence à se former, et dix à quinze minutes après le travail est fait; la couche d'argent est parfaitement formée, et déjà l'opacité serait suffisante pour former une belle glace. On soulève alors la glace d'un côté, et on lave avec de l'eau ordinaire un peu tiède pour enlever la poudre non adhérente au verre.

Enfin on remet la glace dans sa position horizontale, et on y verse la liqueur n° 2; en douze ou quinze minutes, le dépôt est complet; on lave encore en inclinant la glace, on fait sécher la couche d'argent, et on la recouvre d'une peinture composée de minium, d'huile siccative et d'essence; quatre à cinq heures après, la peinture étant sèche, on peut livrer la glace au commerce.

Cependant il vaut mieux recouvrir la glace d'une seconde couche de peinture pareille à la première, ce qui demande encore quatre à cinq heures pour le séchage.

On a remarqué dans ces opérations que l'acide tartrique qui a été insolé, ou qui est dissous depuis longtemps, est plus actif que celui dont la dissolution a été tenue à l'ombre ou récemment préparée.

Au lieu d'employer la double couche de peinture pour préserver le dépôt d'argent, on peut le recouvrir de cuivre par la méthode galvanoplastique ordinaire (2).

Ce procédé Petitjean fournit des glaces très brillantes; même au bout de quelque temps il ne s'y forme pas de taches brunes comme lorsqu'on emploie

(1) Voy. E. Kopp. *Répertoire de chimie appliquée*, t. I, p. 321 (1859).
(2) Liebig. *Répertoire de chimie appliquée*, t. I, p. 322 (1859).

les aldéhydes. Mais la couche a toujours une légère teinte jaunâtre qui modifie d'une manière fâcheuse la couleur des objets. En outre, l'adhérence de l'argent au verre n'est pas très considérable; aussi voit-on souvent dans des glaces qui reçoivent la lumière directe du soleil la couche d'argent se détacher du verre, sur une étendue plus ou moins grande, par suite de la dilatation de l'argent. On peut donner à ce métal une adhérence beaucoup plus parfaite et obtenir une teinte pareille à ceux des miroirs à amalgame d'étain, en versant sur le dépôt d'argent, dès qu'il s'est précipité, une dissolution étendue de cyanure de mercure dans le cyanure de potassium. Une portion de l'argent déplace du mercure qui amalgame immédiatement le reste. On recouvre ensuite la glace d'une couche de peinture ou de vernis.

b. *Argenture des miroirs de télescopes.*

Ici le but que l'on se propose d'atteindre est un peu différent. Il s'agit de recouvrir d'une couche extrêmement mince et très brillante d'argent un miroir de verre qui sert uniquement de support à l'argent. Ce n'est donc pas la face du dépôt qui touche le verre sur laquelle la lumière doit se réfléchir, mais la face extérieure. De là quelques différences dans les manipulations, le principe de l'argenture étant toujours la réduction du sel d'argent par un composé organique avide d'oxygène.

On argentait anciennement les miroirs de télescope par la méthode de Steinheil et Foucault, mais le procédé le plus employé aujourd'hui est celui de A. Martin (1), au sucre interverti. Nous croyons devoir le produire ici textuellement :

« On prépare quatre solutions qui, conservées isolément, ne subissent aucune altération :

« 1° Une solution de 40 grammes de nitrate d'argent cristallisé dans 1 litre d'eau distillée;

« 2° Une solution de 6 grammes de nitrate d'ammoniaque pur dans 100 grammes d'eau;

« 3° Une solution de 10 grammes de potasse caustique (bien exempte de carbonate et de chlorure) dans 100 grammes d'eau;

« 4° On fait dissoudre 25 grammes de sucre dans 250 grammes d'eau; on ajoute 3 grammes d'acide tartrique; on porte à l'ébullition, que l'on maintient pendant dix minutes environ pour produire l'inversion du sucre, et on laisse refroidir. On ajoute alors 50 centimètres cubes d'alcool, pour empêcher la fermentation de se produire plus tard, et on étend avec de l'eau pour former le volume de 1/2 litre, si l'argenture doit être faite en hiver, ou plus si l'opération doit être faite en été.

« Nous prendrons pour exemple d'argenture celle d'un miroir de 10 centimètres de diamètre. On verse à la surface du verre, que l'on a épousseté à l'aide d'un pinceau en blaireau, quelques gouttes d'acide nitrique concentré, et, à

(1) *Les Mondes*, 17 juin 1875, p. 285.

l'aide d'un tampon de beau coton cardé, exempt de corps étrangers, on nettoie le verre avec soin, on le rince à l'eau et on l'essuie avec un linge fin bien propre. On fait ensuite sur la même surface un mélange de volumes à peu près égaux de la solution de potasse (n° 3) et d'alcool, et l'on s'en sert pour nettoyer le verre avec une touffe de coton. Ce liquide, de consistance un peu sirupeuse, a la propriété de mouiller le verre sans se retirer sur les bords, comme le ferait un autre liquide. On plonge la face ainsi couverte du miroir dans un vase contenant de l'eau de pureté moyenne; on la frotte bien avec un blaireau pour faire dissoudre la couche alcaline, et on renverse la surface nettoyée sur une assiette dans laquelle on a mis de l'eau pure, en ayant soin qu'entre la surface et le fond de l'assiette, il y ait au moins 1/2 centimètre d'épaisseur d'eau, ce que l'on obtient en soutenant le miroir avec trois petites cales de bois ou de baleine, et, par un léger balancement, on entraîne le liquide du lavage précédent.

« Dans un verre à pied de grandeur convenable, on verse :

« 15 centimètres cubes de la solution de nitrate d'argent n° 1; 15 centimètres cubes de la solution de nitrate d'ammoniaque n° 2.

« Dans un second verre, on mélange :

« 15 centimètres cubes de la solution de potasse n° 3; 15 centimètres cubes de la liqueur de sucre interverti n° 4, et on verse dans le premier verre.

« Ce mélange est introduit dans une petite assiette, et l'on y porte rapidement le miroir resté sous l'eau; on maintient ce dernier à 1/2 centimètre du fond, comme on l'avait fait pour l'eau, et l'on agite doucement d'une manière continue. Si les liquides ont été bien préparés, la transparence du mélange n'est pas altérée lorsqu'on y verse le mélange de potasse et de sucre. Ce liquide définitif doit, au bout d'une demi-heure environ, se colorer en jaune rosé, jaune brun, puis noir d'encre. A ce moment l'argent commence à se déposer sur les bords de l'assiette avec une couleur de platine; le verre s'argente ensuite, suivant une couche bien régulière, sans marbrures prononcées; on continue à agiter de temps à autre, et, lorsque le liquide, qui est devenu trouble et grisâtre, se couvre de plaques d'argent, l'opération est terminée. On retire le miroir, on le lave avec soin sous un filet d'eau suffisamment abondant, et, après avoir passé rapidement de l'eau distillée à la surface, on le laisse bien sécher sur la tranche en l'appuyant sur des doubles de papier buvard. La surface apparaît alors brillante et recouverte seulement d'un léger voile que l'on enlève très facilement à l'aide d'un tampon de peau de chamois portant un peu de rouge fin d'Angleterre. *Mais, si la potasse est bien décarbonatée, et le nettoyage de la surface bien fait, l'argenture est parfaitement brillante et polie sous ce voile, et il n'y a pas lieu d'insister sur le frottement au tampon.*

« Les principaux accidents qui peuvent se produire par suite de titrage inexact des liquides sont les suivants : Si, dans le mélange des solutions de nitrate d'argent et de nitrate d'ammoniaque, la quantité de ce dernier est insuffisante, il se fera un précipité brun lorsqu'on ajoutera le mélange de potasse et de sucre. Si elle est en excès, le liquide définitif reste bien limpide, il est vrai, mais il se colore en passant par des tons violacés; la lumière blanche réfléchie à la surface de séparation du verre et du liquide, avant que l'argent apparaisse,

est colorée en violet, et l'argenture qui se produit alors est tardive, très mince, terne, jaune par transparence, et n'arrive jamais à épaisseur suffisante. Lorsque la solution ammoniacale est bien titrée, l'image réfléchie a des tons bruns : l'argenture se produit au bout de cinq minutes environ, et donne une couche bleue par transparence, bien brillante par réflexion, des tons verdâtres à la réflexion avec des marbrures persistantes, provenant d'un nettoyage insuffisant du verre. Aucun de ces inconvénients ne se présente si l'on a suivi exactement la marche indiquée ci-dessus. La présence du carbonate dans la potasse peut, s'il est abondant, donner un précipité blanc qui se colore très rapidement lorsqu'on y verse le sucre ; l'action réductrice se passe alors plutôt dans le liquide que sur la surface du verre ; même en petite quantité, le carbonate donne des plaques mates sur l'argenture, et le tampon ne les polit jamais bien.

« Le degré de concentration de la solution de sucre a aussi de l'importance. Si elle est trop faible, l'action est lente et incomplète ; mais il est facile d'augmenter la dose pendant le cours même de l'opération. Si elle est trop forte, l'action est trop rapide et se passe surtout dans le liquide ; elle est difficile à modérer. Il y a toujours lieu de faire un essai préliminaire, attendu que la concentration du réducteur doit être en rapport avec la température extérieure.

« Enfin, il faut éviter, quand on sort le miroir de l'eau pour le plonger dans la liqueur à argenter, que l'eau ne se retire du bord ; il en résulterait sur celui-ci des taches d'argent mat et non adhérent à la surface. »

A. Martin décrit aussi, dans le même mémoire, l'opération appelée par Foucault la *demi-argenture*. La surface extérieure de la lentille de verre qui a reçu cette demi-argenture réfléchit vers l'espace la plus grande partie des rayons calorifiques, tandis que les rayons lumineux continuent leur route pour donner naissance à l'image ordinaire. La température de l'image du soleil fournie par une lunette est alors assez peu élevée pour qu'un verre coloré, destiné à éteindre à volonté l'intensité lumineuse, ne puisse être altéré, comme cela aurait lieu avec un objectif non argenté.

D'après A. Martin, on peut obtenir cette demi-argenture avec le procédé qu'on vient de décrire, en arrêtant l'opération au moment où l'argent commence à apparaître sur le verre ; on retire celui-ci du bain, on le lave bien à l'eau distillée, et l'on fait sécher ; mais il ne faut pas alors appliquer le tampon. Quelques essais permettront de reconnaître le moment où le verre doit être retiré du bain, pour donner une argenture qui réfléchisse une quantité de lumière plus ou moins considérable aux dépens de la lumière transmise.

L'argenture de la porcelaine, du parchemin et du papier s'opère par des procédés très différents, généralement avec l'*argent en coquille*. On obtient ce produit en broyant des rognures ou des feuilles d'argent sur une glace avec du miel ou une dissolution épaisse de gomme arabique, qu'on sépare ensuite avec de l'eau chaude. L'argent très divisé qui reste est ordinairement délayé dans une solution concentrée de gomme arabique, et étendu en couches minces dans des coquillages. Pour l'enluminure, on le met en suspension dans un peu d'eau et on l'applique au pinceau sur le papier ou le parchemin ; pour la peinture sur porcelaine, on ajoute un fondant et l'on porte au four. Dans tous les cas, la couche d'argent mate doit être traitée par le brunissoir qui la rend brillante.

CHAPITRE VI

PHOTOGRAPHIE

Bien qu'un article spécial de l'*Encyclopédie chimique* soit réservé à la photographie (1), il est impossible de ne pas mentionner ici une des applications les plus importantes des sels haloïdes d'argent. Nous éviterons de décrire les innombrables méthodes et recettes découvertes en photographie depuis un demi-siècle et qui ont porté cet art à un haut degré de perfection; notre but est simplement de montrer les relations qui existent entre ces procédés et les propriétés chimiques des sels d'argent.

La réaction chimique fondamentale qui sert de base à la photographie est la réduction des sels haloïdes d'argent par la lumière.

Le premier photographe fut donc le médecin allemand Schulze, qui, en 1827, remarqua qu'en saturant par un excès de craie de l'acide nitrique tenant en dissolution un peu d'argent, la bouillie qui en résultait se colorait en noir dans les parties exposées à la lumière, tandis que celles qui restaient dans l'obscurité se maintenaient blanches.

Mais, avant de passer aux procédés qui permettent d'obtenir les épreuves photographiques actuelles, remarquons que l'explication théorique de cette expérience primitive est encore bien incomplète.

Ce n'est pas que la coloration à la lumière du mélange de craie et d'azotate d'argent soit un fait exceptionnel. Il est au contraire assez général. Ainsi le nitrate d'argent en présence des matières organiques telles que le papier, le cuir, la soie se colore de la même manière. Cette réaction s'observe aussi avec l'oxyde d'argent, le chlorure, le bromure, l'iodure et beaucoup de sels organiques de ce métal. D'autres composés, l'oxyde de plomb, celui de mercure, le cinabre, le calomel, etc., changent de couleur par une exposition plus ou moins prolongée à la lumière solaire ou artificielle. Ces modifications sont connues de tous les chimistes.

On sait aussi que ce résultat dépend de certaines conditions que l'expérience apprend à connaître mais n'explique pas. Ainsi la coloration du chlorure d'argent se produit aussi bien lorsque ce corps est pulvérulent que lorsqu'il est fondu; on l'observe sur le sel sec ou humide, chaud ou froid, dans l'air comme dans le vide. On a remarqué qu'elle ne se produit pas en présence des sels de sesquioxyde de fer, de l'eau de chlore; que des traces de bichlorure de mercure la retardent, que de plus grandes quantités de ce corps s'opposent absolument à sa manifestation. Inversement, la présence d'un excès d'azotate

(1) La *Photographie*, par Pabst.

d'argent et surtout d'une matière organique telle que la gélatine, le tanin, la morphine, etc., ou de certains chlorures comme le protochlorure d'étain, la rend beaucoup plus rapide.

On a supposé que la cause de cette coloration est une réduction du sel métallique, que le chlorure d'argent, que l'on peut chauffer au rouge sans décomposition, se transforme sous l'influence des rayons solaires en dégageant du chlore et produisant soit un mélange d'argent et de chlorure ordinaire, soit un nouveau chlorure contenant moins de chlore. Le même phénomène chimique aurait lieu lorsque le bromure ou l'iodure d'argent se colorent à la lumière.

Ces transformations ont été étudiées surtout par H. Vogel (1) qui a constaté un dégagement de chlore et de brome pendant le changement de couleur du chlorure et du bromure. Le chlorure exposé à l'action de la lumière, sous une couche d'eau, met en liberté du chlore qui donne à l'eau une teinte jaune ; à l'état sec, pendant qu'il noircit, il répand l'odeur du chlore. Il en est de même pour le bromure ; il suffit de disposer au-dessus de ce corps exposé à la lumière une feuille de papier ioduro-amidonnée pour constater la teinte bleue caractéristique.

Cependant H. Vogel, dans ses expériences, n'a pas pu vérifier qu'il se dégage de l'iode pendant ou après le changement de couleur de l'iodure d'argent à la lumière. De plus, Von Bibra n'a pu constater aucune différence de poids entre le chlorure d'argent blanc et le même sel noirci après insolation, ce qui indiquerait que la transformation chimique, si elle existe, ne porte que sur une très petite fraction de la matière.

Quoi qu'il en soit, même en admettant, comme on a l'habitude de le faire, les résultats annoncés par H. Vogel, on ne sait pas si le produit coloré, contenant moins de chlore que le chlorure d'argent primitif, est un mélange de ce corps avec de l'argent réduit, ou bien si c'est un sous-chlorure chimiquement défini. Dans cette dernière hypothèse, on ignore la véritable formule du sous-chlorure qui prend naissance, car nos connaissances sur le premier degré d'oxydation de l'argent sont encore bien vagues.

On voit par là que l'étude chimique du phénomène fondamental qui sert de base à la photographie est bien incomplète, et il est d'autant plus remarquable de constater les progrès rapides d'un art dont les fondements scientifiques sont si peu solides.

Malgré l'importance de ce phénomène de la coloration à la lumière des sels haloïdes d'argent, la photographie n'aurait pu acquérir son importance actuelle sans la découverte des *agents fixateurs* et sans l'emploi de la *chambre noire.*

Nous ne décrirons pas la chambre noire, dont les dispositions fondamentales sont bien connues ; elle permet de diriger sur le sel d'argent disposé sur une plaque en couche mince et uniforme seulement les rayons lumineux provenant des parties éclairées de l'objet à reproduire. Aucun autre rayon ne pouvant pénétrer jusqu'à la plaque, celle-ci donnera un dessin exact et *négatif* de l'objet ; négatif parce que les parties lumineuses seront reproduites en noir

(1) *Berichte*, t. VI, p. 86 et 1302 et t. VII, p. 545 et 1635, et *Bull. Soc. chim.* [2], t. I, p. 471.

plus ou moins foncé, et les autres indiquées sur la plaque par les portions inaltérées du sel d'argent.

Mais ce dessin, au sortir de la chambre noire, doit être fixé, c'est-à-dire qu'il faut enlever le sel d'argent qui n'a pas été impressionné et conserver à leur place les parties qui sont noircies par la lumière. On pourra alors conserver et examiner au grand jour l'épreuve obtenue. Ce résultat est obtenu en faisant agir sur l'image un dissolvant du chlorure d'argent, tel que l'hyposulfite de soude dissous, et enlevant ensuite par des lavages l'excès de ce sel. Si l'on admet l'explication de H. Vogel, on conçoit que l'hyposulfite puisse dissoudre entièrement le chlorure non modifié ; quant aux parties noircies, si elles sont constituées par un mélange d'argent réduit et de chlorure inaltéré, ce dernier sera enlevé, et l'argent restera en couches plus ou moins épaisses ; si elles sont formées par un sous-chlorure, le phénomène sera le même, car ce nouveau composé se transforme immédiatement, en présence de l'hyposulfate, en argent réduit et chlorure ordinaire qui se dissout. La théorie de la fixation des images ne présente donc pas de difficultés spéciales.

Nous avons dit que les épreuves ainsi obtenues étaient *négatives*. Pour qu'elles donnent une image exacte de l'objet à reproduire, il était nécessaire de les transformer en épreuves *positives*, dans lesquelles les noirs et les blancs de l'objet seraient respectivement noirs et blancs sur l'image. Cette modification a fait entrer la photographie dans le domaine de la pratique, en 1839, sous le nom de *daguerréotypie*.

Cette première forme de la photographie a été peu à peu abandonnée ; cependant elle a été ressuscitée il y a quelques années, lors de l'observation du passage de Vénus.

La préparation du *daguerréotype* comprend les opérations suivantes :

1° Une plaque d'argent ou simplement argentée est soumise à la vapeur d'iode ; elle se recouvre d'une couche uniforme d'iodure d'argent sensible à la lumière ;

2° Elle est placée dans la chambre noire et impressionnée ;

3° Au sortir de la chambre noire, on la soumet à l'action de la vapeur de mercure ; cette vapeur se fixe sur les parties où l'iodure d'argent a été réduit et laisse les autres inaltérées ;

4° L'iodure d'argent en excès est enlevé par l'hyposulfite de soude. Après lavage, l'image apparaît, formée d'un fond sombre d'argent poli avec des parties plus ou moins blanches constituées par l'amalgame.

Malgré la découverte de substances accélératrices, la lenteur de l'impression de la plaque à la chambre noire est le principal inconvénient de ce procédé. En outre, l'image est miroitante, et d'un effet peu agréable à l'œil.

Il ne peut être ici question des nombreux procédés imaginés dans le but de remplacer la plaque d'argent par des feuilles de papier impressionnables. Ce sont des méthodes intermédiaires. Arrivons immédiatement aux procédés actuels du collodion et du gélatino-bromure, sur plaques de verre.

Mais ici nous rencontrons encore bien des questions théoriques importantes auxquelles la science n'a pu donner encore de réponses satisfaisantes.

Et d'abord l'expérience apprend que la sensibilité à la lumière des sels haloïdes d'argent est très différente, suivant la nature des substances mélangées. Comme nous l'avons dit plus haut, on sait depuis longtemps que certains sels métalliques les rendent inaltérables ou retardent leur transformation, que d'autres exagèrent leur sensibilité. Mais ce sont surtout les substances organiques qui par leur mélange avec les sels d'argent permettent de réduire dans des proportions considérables le temps de pose. On s'est adressé successivement à l'albumine, au collodion, à la gélatine, puis, dans ces dernières années, à la gélatine émulsionnée.

S'il est difficile de s'expliquer les différences considérables que fournissent ces diverses substances, on peut au moins comprendre que ces composés organiques hydrogénés sont particulièrement propres à accélérer l'impression des chlorure, bromure et iodure d'argent par la lumière. En effet, le corps simple halogène (chlore, brome, iode) qui se dégage pendant l'impression doit s'éliminer d'autant plus rapidement qu'il rencontre, antérieurement mélangées, des substances ayant de l'hydrogène disponible et toujours prêtes à former des dérivés de substitution chlorés.

Mais l'emploi de ces substances a permis de découvrir deux faits tout à fait inattendus et dont l'explication est beaucoup plus hypothétique.

D'abord, il n'est pas nécessaire, lorsque le bromure (ou chlorure, ou iodure) d'argent est ainsi mélangé avec un de ces composés, que l'impression se prolonge dans la chambre noire jusqu'à ce que l'image négative apparaisse sur la plaque. Après leur exposition dans l'appareil, les couches d'albumine, de collodion ou de gélatine bromurées ne portent aucune image visible. On peut les conserver dans cet état pendant très longtemps; puis, lorsqu'on veut faire apparaître le dessin *négatif*, on fait agir sur cette plaque, en apparence homogène, un corps que l'on appelle *développateur* ou *continuateur*. Ce corps est du genre de ceux que l'on appelle en chimie des *réducteurs*, c'est-à-dire une substance passant facilement à un degré d'oxydation supérieur en présence de l'eau et mettant ainsi en liberté une dose d'hydrogène équivalente à celle de l'oxygène absorbé. On a recours à l'acide pyrogallique, au sulfate de protoxyde de fer, à l'acide oxalique. On conçoit que l'hydrogène, ainsi disponible, puisse se fixer sur le brome du bromure d'argent et achever la réduction de ce corps. Cependant il y a ici un fait très remarquable au point de vue chimique, et qui reste à peu près sans explication. On doit admettre d'abord que l'exposition très courte (quelques centièmes de seconde avec les nouveaux procédés) de la plaque sensible dans la chambre noire, a dû suffire pour produire une image, c'est-à-dire une réduction proportionnelle très faible dans les différentes parties de la plaque. Cette impression est tellement faible qu'elle n'est pas visible, même dans les portions qui correspondent aux détails les plus éclairés de l'objet. Puis, l'expérience prouve que l'action du liquide continuateur est proportionnelle à celle produite par la première transformation dans les autres parties de la plaque, c'est-à-dire beaucoup plus rapide dans les portions qui correspondent aux détails les plus lumineux de l'objet. Enfin, on constate qu'une plaque non exposée dans la chambre noire n'est pas influencée par ces liquides ; leur action a donc besoin d'être amorcée par la première impression

qui n'a pas cependant laissé de traces visibles, et ils n'agissent pas sur les parties qui correspondent aux détails absolument noirs de l'objet.

Tous ces faits sont certainement très mal expliqués. On doit à Moser et à Niepce de Saint-Victor un certain nombre d'expériences qui avaient pour but d'en donner la théorie et qui n'ont abouti qu'à faire connaître des phénomènes analogues aussi extraordinaires et aussi inexplicables.

C'est ainsi que Moser a remarqué, en 1842, qu'une surface polie qui a été en contact à certaines places avec d'autres objets, possède la propriété pendant un certain temps de fixer, soit chimiquement, soit mécaniquement, les vapeurs d'une manière différente aux places touchées et à celles qui ne l'ont pas été. Si l'on écrit sur une plaque de verre avec une baguette de bois, qui n'en raye pas la surface, la condensation de l'haleine fait apparaître des caractères ; une pièce de monnaie, posée pendant quelques heures sur une plaque de verre ou de métal, laissera son empreinte que l'haleine fera apparaître sur le verre, les vapeurs d'iode ou de mercure sur le métal. Il n'est même pas nécessaire que l'objet touche la plaque ; il suffit du voisinage immédiat.

D'après Niepce de Saint-Victor, une plaque de verre ou d'acier dépoli, la tranche d'une assiette de porcelaine fraîchement cassée, après quelques heures d'exposition au soleil, noircissent le chlorure d'argent dans l'obscurité absolue. Une gravure conservée pendant quelques jours à l'obscurité, et insolée pendant un quart d'heure, couverte à moitié par un écran opaque, donne à l'obscurité, lorsqu'on l'applique sur du papier sensible, une reproduction en noir des blancs de la partie insolée.

Il semble donc que la lumière peut ainsi être emmagasinée par certaines substances blanches ou de couleur claire. Mais l'explication de ces faits est encore fort incomplète.

En outre, la découverte du procédé actuel au gélatino-bromure a établi un autre fait aussi extraordinaire :

On prépare le gélatino-bromure en dissolvant dans de l'eau un bromure alcalin, de l'azotate d'argent et de la gélatine. Il se forme du bromure d'argent insoluble qui reste en suspension dans la gélatine et de l'azotate alcalin que l'on élimine en lavant la gélatine prise en gelée après refroidissement. Mais dans cet état le bromure d'argent est très peu sensible aux rayons lumineux, bien que le mélange intime avec la gélatine ait déjà augmenté cette sensibilité. On doit le modifier physiquement par une opération particulière qui produit le mûrissement de la solution gélatineuse. C'est ce qu'on nomme l'*émulsion*. L'expérience à appris que ce traitement devait avoir lieu avant le lavage de la gélatine bromurée. Il consiste à faire agir la chaleur ou l'ammoniaque, le plus souvent les deux à la fois, sur cette substance. Après addition d'ammoniaque, on maintient la solution à 100 degrés pendant quelque temps, ou bien on l'abandonne pendant plusieurs jours à la température ordinaire. Peu à peu la sensibilité de la préparation augmente; on suit la marche du phénomène en étendant un peu du liquide sur une lame de verre et regardant la couche à travers une flamme éclairante de gaz ou de pétrole; elle paraît rouge au début, puis bleue, et enfin gris-lavande. Cette dernière teinte correspond à une sensibilité beaucoup plus grande que la première.

Cette transformation n'est encore expliquée que par des hypothèses, mais sa découverte a permis de faire entrer dans la pratique courante les plaques au gélatino-bromure que l'on emploie aujourd'hui pour obtenir les épreuves instantanées.

Indiquons rapidement le principe des procédés au collodion et au gélatino-bromure.

Le collodion est une dissolution de pyroxyle ou coton-poudre dans un mélange d'alcool et d'éther. On prend ordinairemeut 6 litres d'alcool pour 9 litres d'éther et 300 grammes de coton-poudre. Cette dernière substance est un dérivé nitré de la cellulose; les chimistes ont cru pouvoir distinguer plusieurs espèces de ses composés, suivant le nombre de groupes nitriques qu'ils contiennent. Les photographes ont proposé un grand nombre de procédés de préparation du pyroxyle pour collodion; ils consistent presque tous à traiter le coton par un mélange d'acides azotique et sulfurique, ou d'acide sulfurique et de nitrate de potasse. Les proportions seules varient suivant les auteurs.

La dissolution de coton-poudre dans l'alcool éthéré doit être préparée à l'avance, parce qu'elle subit pendant les premiers mois une modification de nature encore inconnue après laquelle la liqueur s'épaissit un peu et donne des effets constants. Un collodion préparé depuis peu de temps fixe mal l'iodure qui est nécessaire pour le sensibiliser et donne des effets irréguliers. C'est encore un fait assez mal expliqué.

Le collodion est ensuite mélangé avec la liqueur d'iodure, c'est-à-dire avec une dissolution alcoolique de divers iodures et bromures. En général on n'emploie pas les chlorures, sauf dans certains cas spéciaux. Mais la nature, le nombre, et les proportions de ces iodures et bromures varient beaucoup. Ainsi on a proposé les solutions suivantes :

A.	Alcool à 82 degrés........	70 centimètres cubes.
	Iodure de potassium......	2 grammes.
B.	Alcool à 82 degrés........	70 centimètres cubes.
	Iodure de cadmium.......	$2^{gr},4$
C.	Alcool à 82 degrés........	70 centimètres cubes.
	Iodure d'ammonium.......	$1^{gr},2$
	Iodure de calcium........	$1^{gr},5$
	Bromure d'ammonium.....	$0^{gr},7$
D.	Alcool à 95 degrés..	275 centimètres cubes.
	Iodure de sodium.........	$2^{gr},75$
	Iodure de cadmium.......	5 grammes.
	Bromure de cadmium.....	$1^{gr},75$

Le mélange de collodion ioduré est étendu en couche mince et homogène sur une glace bien polie et propre; cette opération, toujours délicate, est rendue plus facile par l'emploi de certains appareils qu'on trouvera décrits dans les *Traités* de photographie.

Le collodion fait prise rapidement, par suite de l'évaporation partielle de l'alcool et de l'éther et forme au-dessus de la glace une couche solide, mais

encore molle et pâteuse, au bout d'une minute environ. C'est à ce moment que l'on procède à sa sensibilisation.

Elle s'opère en mettant la couche iodurée en contact avec une solution d'azotate d'argent. On prend par exemple :

Eau distillée................	100 centimètres cubes.
Azotate d'argent............	$7^{gr},5$

le sel d'argent devant être neutre ou légèrement acide; en aucun cas il ne doit être alcalin. Le contact ne doit durer qu'une minute environ. La couche devient opaline.

Le bain d'argent doit avoir été préalablement saturé d'iodure d'argent, ce qu'on obtient en y ajoutant quelques gouttes d'iodure de potassium, agitant et filtrant.

La plaque sensibilisée doit être, après l'action du bain d'argent, placée sur un support incliné où l'excès de liquide s'écoule; puis on l'introduit dans le châssis de la chambre noire. Le temps nécessaire à l'obtention de l'épreuve négative sur collodion ne peut être précisé. Il varie d'une fraction de seconde à une minute. La sensibilité dépend de la nature du collodion, de la composition des liqueurs employées, de l'éclairage et de l'objectif de l'appareil.

Au sortir de la chambre noire, le collodion ne porte encore qu'une image *latente*, qui doit être *révélée*, comme nous l'avons dit plus haut.

Les révélateurs les plus employés sont le sulfate de protoxyde de fer et l'acide pyrogallique. Les liqueurs qui contiennent l'un ou l'autre de ces réactifs peuvent avoir des compositions très différentes; elles doivent être acidulées par l'acide acétique ou l'acide formique, et d'une concentration déterminée. Les plaques y sont plongées d'un seul coup. En quelques instants on voit apparaître en noir les parties qui correspondent aux détails les plus éclairés de l'objet; les autres s'ajoutent peu à peu. C'est l'image négative.

Lorsque le dessin est suffisamment *venu*, on lave la plaque avec soin, puis on la *fixe*.

Le fixage de l'épreuve s'opère en trempant la plaque dans une dissolution de cyanure de potassium, de sulfocyanure d'ammonium, ou mieux d'hyposulfite de soude, qui enlève le chlorure d'argent inaltéré. La couche, jusqu'alors opaque ou translucide, devient peu à peu transparente.

On retire la plaque, on la lave, on la laisse sécher à l'air. Enfin on la vernit, pour rendre la couche plus résistante.

Le procédé que nous venons de décrire est au *collodion humide*. Il nécessite la préparation et la sensibilisation de la plaque au moment même où l'on doit en faire usage, ce qui est souvent un inconvénient. Pour le supprimer, on a proposé de remplacer ces plaques par des plaques au collodion conservé humide ou au collodion sec.

Pour conserver le collodion humide pendant plusieurs heures, et même pendant plusieurs jours, on peut ajouter au collodion une substance déliquescente ou visqueuse (miel, glycérine, etc.); pour préparer le collodion sec, on enlève avec soin l'excès de nitrate d'argent que peut retenir la gélatine, et on la

recouvre d'une couche préservatrice. Dans ces conditions, le collodion peut être conservé pendant assez longtemps sans perdre sa sensibilité photographique. Les procédés recommandés pour obtenir ces deux espèces de plaques sont très nombreux.

Mais, quelle que soit la méthode employée, elles présentent toutes ce caractère commun de donner des images sur collodion et des images *négatives* ou *clichés*.

Pour transformer ces dessins négatifs en épreuves positives, on emploie un procédé très différent de celui qui permet d'obtenir les daguerréotypes. Profitant de la transparence de la plaque de verre qui sert de support, on dispose sur l'image négative une feuille de papier sensible et sec, et on place le tout dans un châssis-presse. La lumière solaire pénétrant à travers le verre forme sur le papier des noirs dans les parties où il n'y a pas d'argent réduit; dans les autres son action est plus ou moins empêchée par le dépôt plus ou moins abondant de métal. Il en résulte des blancs et des gris, et le dessin se reproduit, en *positif*, sur le papier. Il suffit alors de *fixer* à l'hyposulfite l'image positive. Un seul cliché peut aussi fournir un très grand nombre de dessins.

Le papier sensible que l'on emploie est à grain très fin; il doit être au préalable albuminé, c'est-à-dire recouvert d'une couche d'albumine, puis trempé dans une dissolution de chlorure de sodium ou d'ammonium. Ces deux opérations peuvent même se faire en même temps. Enfin les feuilles de papier albuminées et chlorurées sont plongées dans un bain de nitrate d'argent. Le papier est séché dans l'obscurité.

Après l'exposition à la lumière sous le châssis, on lave à l'eau la feuille de papier pour lui enlever l'excès de nitrate d'argent qu'elle retient et l'acide azotique mis en liberté. Ensuite on la plonge dans un bain de chlorure d'or qui a pour effet de transformer la teinte rougeâtre du dessin en une teinte plus ou moins violacée ou grise. On emploie de préférence une liqueur ayant à peu près la composition suivante :

Eau........................	1000	grammes.
Azotate de soude fondu........	30	—
Chlorure d'or ou chlorure double d'or et de potassium.........	1	—

La coloration de l'image se modifie rapidement au début, surtout lorsque le bain d'or est récent. Après quelques minutes, le dessin a pris la teinte bleue ou violette que l'on désire obtenir. On lave la feuille de papier, et on la plonge dans le bain d'hyposulfite :

Eau........................	1000	grammes.
Hyposulfite de soude...........	250	—

On laisse agir pendant plusieurs minutes, ordinairement dix minutes. Puis on retire l'épreuve positive et on la soumet pendant plusieurs heures à des lavages au moyen d'un courant d'eau froide. Enfin on la laisse sécher.

Le procédé au gélatino-bromure ne diffère du précédent que par la prépa-

ration de l'émulsion; les moyens employés pour révéler ou développer l'image négative, pour la fixer, et pour obtenir les épreuves positives sur papier sont les mêmes.

Nous indiquerons seulement ce que présente de particulier ce procédé au point de vue de la préparation et du mûrissement de l'émulsion.

On fait quatre solutions différentes (1) :

1°	Eau distillée................	250 centimètres cubes.
	Nitrate d'argent.............	50 grammes.
	Ammoniaque. En quantité suffisante pour redissoudre le précipité formé.	
2°	Eau distillée................	250 centimètres cubes.
	Bromure d'ammonium........	40 grammes.
	Iodure de potassium..........	1 —
3°	Gélatine tendre.............	50 grammes.
	Trempée pendant une heure ou deux, rincée, puis égouttée et fondue dans son eau d'absorption.	
4°	Gélatine dure................	25 grammes.
	Ammoniaque......	25 centimètres cubes.

Cette gélatine est fondue comme la précédente, puis on y ajoute la quantité d'ammoniaque indiquée.

On mélange à basse température la solution 2 à 1/6 de la solution 3. La gélatine devra être aussi froide que possible sans cependant faire prise. On agite vivement, puis on ajoute dans l'obscurité la solution 1 froide. On agite et on maintient au bain-marie à 35 degrés pendant une demi-heure ; enfin on ajoute la solution 4 et on continue de chauffer à 35 degrés pendant un quart d'heure.

A ce moment l'émulsion est faite; le bromure d'argent formé reste en suspension dans la liqueur gélatineuse. Si on étend un peu de cette émulsion sur une lame de verre et qu'on regarde à travers une flamme blanche de gaz ou de pétrole, la couche paraîtra d'un rouge orangé. A ce moment le bromure est encore peu sensible; il le devient beaucoup plus par le mûrissement qui le modifie physiquement.

Le procédé le plus simple pour mûrir l'émulsion consiste à la verser dans une cuvette en couche de 2 à 3 centimètres et à l'abandonner à elle-même dans la plus complète obscurité. Elle se modifie peu à peu, et chaque jour on en étend un fragment sur une lame de verre et on observe qu'elle apparaît devant un bec de gaz d'abord rouge orange, puis bleu verdâtre, bleu foncé et enfin gris-lavande. Cette dernière teinte indique le maximum de sensibilité. L'émulsion est alors lavée, filtrée, puis étendue sur la plaque. On abrège beaucoup le mûrissement de l'émulsion en la maintenant au bain-marie de 95 à 105 degrés ; la transformation s'opère alors en quelques heures.

La sensibilité des plaques au gélatino-bromure est beaucoup plus grande que

(1) D'après Fabre-Domergue, *Guide du photographe* (Bibliothèque des actualités industrielles), p. 7 et suiv. (1888).

celle du collodion, mais très variable; le temps de pose est réduit de 5 à 100 fois. Elles permettent d'obtenir aisément, avec des objets bien éclairés, des épreuves instantanées en $\frac{1}{100}$ ou même $\frac{1}{200}$ de seconde.

Les détails précédents donnent une idée des principales opérations de la photographie et des procédés les plus employés aujourd'hui. Les traités spéciaux devront être consultés si l'on veut connaître les mille précautions très minutieuses qui sont indispensables pour obtenir de bonnes épreuves; on y trouvera aussi des détails sur l'emploi récemment recommandé de l'hydroquinon comme révélateur, et aussi sur l'héliogravure, la phototypie et le procédé au charbon.

CHAPITRE VII

APPLICATIONS DIVERSES

Dans les chapitres précédents, nous avons montré dans quel état et sous quelles conditions l'argent pouvait être employé, soit pour la fabrication des monnaies et alliages d'orfèvrerie, soit pour l'argenture ou la photographie. Ce sont les applications les plus importantes de ce métal.

Nous avons négligé à dessein plusieurs usages de l'argent qu'il importe maintenant de signaler, bien qu'ils se rapportent à des industries beaucoup moins importantes que les précédentes.

Nous citerons seulement la fabrication des nielles et des objets de bijouterie en argent noirci, et les applications de l'azotate d'argent, principalement ses applications médicales.

1° FABRICATION DES NIELLES.

On appelle *niellage* ou *niellure* un art qui consiste à produire sur des objets d'argent des dessins qui ne sont ni en relief ni en creux et qui ne se distinguent du fond que par leur couleur. Ce sont des *nielles*. On dit encore que l'objet est en argent *niellé*.

Ce mode de décoration des objets d'argent paraît avoir été inventé par les Égyptiens longtemps avant l'ère chrétienne; il était très en faveur en Orient, et a dû être importé de Byzance en Italie vers le septième siècle de notre ère.

Pendant le quinzième et le seizième siècle surtout, les artistes italiens firent des nielles très renommées.

Cet art, un peu délaissé à partir de cette époque, reprit un nouveau développement à Paris, où en 1830 on recommença à produire des objets niellés très remarquables. D'ailleurs il n'avait jamais été abandonné en Russie, où l'on fabrique une grande quantité de ces objets.

On obtient les nielles en gravant ou ciselant assez profondément les dessins que l'on veut reproduire sur la plaque d'argent, et en remplissant ensuite les traits de la gravure au moyen d'un émail noir. Cet émail se prépare en faisant fondre ensemble 38 parties d'argent, 72 de cuivre, 50 de plomb, 36 de borax et 384 de soufre. On coule la masse fondue dans l'eau, on la pulvérise et on la lave avec une dissolution faible de sel ammoniac et enfin avec de l'eau légèrement gommée. C'est un bisulfure triple d'argent, de cuivre et de plomb.

On applique la nielle, en consistance de pâte, dans les creux de la plaque

d'argent préparée, et on la chauffe jusqu'au rouge brun. Lorsque l'émail est bien fondu, sans soufflures, et qu'il fait corps avec la lame, on retire l'objet du feu. Après refroidissement, on enlève à la lime douce les parties qui dépassent les traits de la gravure, et on polit la surface par les moyens ordinaires.

On obtient ainsi des incrustations noires sur fond blanc; l'opposition de la teinte noire de la nielle avec l'éclat de l'argent produit de très beaux effets.

Fournet (1) a indiqué un procédé qui fournit des nielles ou plutôt des *damassés* d'or et d'argent. Il recommande de chauffer des poudres d'or et d'argent en formant des couches successives dans le creuset, sans atteindre tout à fait la température de 1000 degrés qui est celle de la fusion de l'argent. Les deux métaux se soudent et forment après martelage des barres métalliques composées d'une couche d'or et d'une couche d'argent.

Quant à la coloration en noir que l'on fait subir à certains objets d'argent, et que l'on désigne sous le nom de *galvanisation* ou d'*oxydation* de l'argent, on l'obtient en transformant en sulfure ou en chlorure la surface du métal; dans le premier cas on a une teinte noir bleu, dans l'autre une teinte brune. Pour sulfurer superficiellement l'argent, il suffit de le plonger dans une dissolution de sulfure de potassium; pour le chlorurer, on emploie un mélange de sulfate de cuivre et de sel ammoniac.

2° APPLICATIONS DE L'AZOTATE D'ARGENT.

A l'état de dissolution aqueuse, l'azotate d'argent est employé pour plusieurs usages.

Il forme la base d'une encre à marquer le linge dont on se sert depuis longtemps en Angleterre. Cette encre est ordinairement formée par une dissolution d'azotate d'argent additionnée d'un peu de gomme qui lui donne une certaine viscosité, et colorée avec du vert de vessie ou du noir de fumée impalpable. La portion du linge où l'on doit écrire est rendue légèrement ferme avec une dissolution de carbonate de soude ou de savon; on lui donne ensuite un certain poli avec un fer chaud, et, après avoir tracé les caractères, on expose le linge au soleil pendant quelques minutes; les caractères, d'abord très peu visibles, deviennent peu à peu noirs. Cette coloration est due à la réduction du sel d'argent par les matières organiques, réduction facilitée par l'action des rayons solaires.

Voici quelques-unes des proportions recommandées pour la fabrication de ces encres :

1°	Encre :	Azotate d'argent.....	1 p.
		Vert de vessie.......	1 p.
		Eau..............	8 p.
	Liqueur préparatoire :	Carbonate de soude cristallisé...	6 p.
		Gomme arabique..............	7 p.
		Eau.........................	30 p.

(1) *Ann. chim. phys.* [2], t. LXXIII, p. 435.

2° Encre : Azotate d'argent..... 2 p.
Gomme arabique..... 1 p.
Eau................ 7 p.

Liqueur préparatoire : Acide pyrogallique............ 1 p.
Eau et alcool (volumes égaux)... 30 p.

3° En supprimant la liqueur préparatoire.

On dissout 8,2 parties d'azotate d'argent dans 25 parties d'eau et 25 parties d'ammoniaque, et l'on mélange un liquide avec une solution de 20 parties de gomme et 32 parties de carbonate de soude dans 60 parties d'eau (1).

Depuis quelques années, on emploie moins fréquemment ces encres à base d'azotate d'argent que l'on remplace par le noir d'aniline.

Sous les noms d'*eau d'Égypte*, d'*eau de Perse*, d'*eau Africaine*, d'*eau de Chine*, on vend, dans le commerce de la parfumerie, des dissolutions d'azotate d'argent pour noircir les cheveux rouges ou blancs. Cette invention n'est pas récente, car au dix-septième siècle Glauber connaissait déjà la propriété du sel d'argent de brunir les matières organiques, et, en 1758, Shaw a conseillé l'emploi de sa dissolution pour teindre les cheveux en noir. Cette action est due à ce que les cheveux contiennent des composés sulfurés qui en présence de l'azotate d'argent forment une très légère couche de sulfure.

Mais ce sont surtout les applications médicales de l'azotate d'argent qui sont importantes.

Ce sel est employé à l'état solide, sous le nom de *pierre infernale*, ou à l'état de dissolution.

On prépare la pierre infernale en faisant fondre l'azotate d'argent au rouge sombre et coulant la matière dans une lingotière où le sel se fige en cylindres allongés. Cette opération a été décrite pour la première fois par Glaser en 1663.

En présence des matières organiques hydratées, ce sel se réduit en mettant en liberté de l'argent et de l'acide azotique; ce dernier est absorbé rapidement et ronge la substance organique. Ces propriétés corrosives font de la pierre infernale l'agent caustique le plus employé dans la chirurgie.

On s'en sert pour combattre la conjonctivite, et l'inflammation de diverses muqueuses (vessie, vagin, utérus, nez, bouche, larynx, pharynx, etc.), contre diverses ophtalmies, l'angine couenneuse, le croup, la plupart des plaies. Selon le degré de sensibilité de la partie à cautériser et l'effet à produire, le nitrate d'argent s'emploie absolument pur ou très dilué. La dilution s'obtient en mélangeant le sel avec du nitrate de potasse, ou même en le dissolvant dans l'eau.

L'azotate d'argent dissous est administré à l'intérieur, mais son action est alors un peu incertaine et peu connue.

On en a recommandé l'emploi pour le traitement de la diarrhée, du choléra,

(1) Les caractères marqués sur le linge peuvent être enlevés avec une dissolution de cyanure de potassium.

de l'hydropisie, de la gastralgie, de l'épilepsie, de l'ataxie locomotrice, des paraplégies, des hémiplégies, de la danse de Saint-Guy, des affections syphilitiques. Mais le mode d'action et l'efficacité de ce remède sont assez variables. Les doses ne doivent pas dépasser de 10 à 40 milligrammes par jour graduellement; administré à l'intérieur en grande quantité, ce sel agit comme un poison violent; il attaque rapidement les parois de l'estomac et les intestins.

Même à dose faible, l'azotate d'argent provoque au bout de quelque temps la maladie connue sous le nom d'*argyrisme*, dont nous avons décrit les principaux symptômes dans la première partie de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

CHAPITRE PREMIER. — AFFINAGE DES MÉTAUX PRÉCIEUX.

AGRICOLA. — *De re metallica*, liv. X (1556).
ARCET (D'). — *Ann. de chim.*, LXXII, 50.
BERZELIUS. — *Traité de chimie*, II, 395 et suiv. (1846).
BOUIS. — *Dictionnaire de chimie de Wurtz*, art. AFFINAGE, I, 68.
GIRARDIN. — *Chimie élémentaire*, II, 644.
— *Grande encyclopédie*, art. AFFINAGE, I, 688.
HEURTEAU. — *Annales des mines*, 2e liv., 208 (1875).
HOEFER. — *Histoire de la chimie*, I, 120 et 501, en note; II, 65.
— *Institutes*, liv. II, t. I, § 27.
PELOUZE et FREMY. – *Traité de chimie*, III, 1235 (1865).
PERCY. — *Silver and Gold*, I, 402 à 437.
PLINE. — *Histoire naturelle*, liv. XXXIII, chap. XXV.
SAVOT. — *Traité de métallurgie*, chap. VI, 73.
WAGNER (R.). — *Nouveau traité de chimie industrielle*, traduction de Gautier, I, 230 et suiv. (1878).

CHAPITRE II. — ALLIAGES D'ORFÈVRERIE.

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1889, 336.
FRÉMY et TERREIL. — *Guide du chimiste*, 76.
LEVOL. — *Ann. chim. phys.* [3], XXXVI, 193 et suiv. (1852).
KNAB. — Art. BIJOUTERIE de la *Grande Encyclopédie*, I, 827.
WAGNER (R.). — *Nouveau traité de chimie industrielle*, traduction de Gautier, I, 222 (1878).

CHAPITRE III. — ALLIAGES MONÉTAIRES, FABRICATION DES MONNAIES.

Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1889, 316 et suiv.
ARCET (D'). — *Ann. de chim.*, LXXI, 136.
— *Ann. de chim.*, LXXII, 49.
ARISTOTE. — *Politique*, liv. I, chap. III.
BOIZARD. — *Traité des monnoyes*. Paris, 1696, 298 et 67; d'après Hoefer, *Histoire de la chimie*, I, 498.
CHEVALIER (Michel). — *Cours d'économie politique*, III (la monnaie), 1 et suiv., 755 et suiv. (1866).
COSTES (H.). — *Notes et tableaux pour servir à l'étude de la question monétaire*. Paris, 1884, passim.
FABBRONI. — *Ann. de chim.*, LXXII, 25.
FENEULLE. — *Ann. chim. phys.*, XXXII, 320.
GARNIER. — *Traité d'économie politique*.
GENÈSE. — Chap. XIII et XXIII.
GIRARDIN. — *Chimie élémentaire*, II, 606 et 630, en note.
HÉRODOTE. — Liv. I, chap. XCIV.
JAGNAUX. — *Minéralogie appliquée*, 631.
KLAPROTH. — *Ann. de chim.* LXXXI, 82 et suiv. (traduction de Tassaert).
LENORMANT. — *La monnaie dans l'antiquité*, I, 72 et suiv.; 88 et suiv.; 125 et suiv.; 187 et suiv.
LEPSIUS. — *Les métaux chez les Égyptiens*, mémoires de l'Académie de Berlin, 50 (1871).
MARIETTE. — *Papyrus de Boulaq*, II.
MOMMSEN. — *Histoire de la monnaie romaine*, II, 78 et suiv.; III, 294.
PERCY. — *Silver and Gold*, I, 169.
PLINE. — *Histoire naturelle*, liv. XXXIII, chap. XLVI.

ROSWAG. — *Les métaux précieux*, 127 et suiv.
STOETBEER. — *Revue scientifique*, 22 décembre 1888, 813.
THÉRY (E.). — *Grande Encyclopédie*, art. ARGENT, I, 844.
THOMSON (TH.). — *Ann. de chim.*, LXXI, 113 (1809).
WALCHNER. — *Schweigger's Jahrbuch der Chemie und Physik*, XXI, 204 (1827).

CHAPITRE IV. — ESSAIS DES ALLIAGES D'ARGENT ET DE CUIVRE.

DEBRAY. — Art. ESSAIS du *Dictionnaire de Wurtz*, II, 1263.
— *Compt. rend.*, LXX, 849 (1870).
FRÉSÉNIUS. — *Analyse chimique quantitative*, 3ᵉ édit. franç., 255.
HOEFER. — *Histoire de la chimie*, I, 498 et suiv.
LEVOL. — *Ann. chim. phys.* [3], XLIV, 347.
MASCAZZINI. — *Chem. Centralb.*, 300 (1857).
MOHR et CLASSEN. — *Analyse chimique par les liqueurs titrées*, 3ᵉ édit. franç., trad. de Gautier, 388 et suiv. (1888).
PISANI. — *Ann. mines*, X, 83 (1856).
ROSWAG. — *Métallurgie de l'argent* (*Encyclopédie chimique*), 143.
STAS. — *Compt. rend.*, LXVII, 1107.
— *Ann. chim. phys.* [5], III, 183 (1873).
VOGEL. — *Ann. Chem. Pharm.*, CXXIV, 347.
VOHLARD. — *Ann. Chem. Pharm.*, CXC, 20; *Bull. Soc. Chim.*, XXII, 64 (1874).
WAGNER (R.). — *Nouveau traité de chimie industrielle.*

CHAPITRE V. — ARGENTURE.

DEBRAY. — *Cours élémentaire de chimie*, II, 583 et suiv. (1876).
DRAYTON. — *Dingl. Polyt. Journ.*, XCII, 472; XCIII, 137; XCVI, 91; XCVIII, 292 et 458.
FIGUIER (L.). — *Les merveilles de la science*, II, 363 et suiv. (1868).
GIRARDIN. — *Chimie élémentaire*, 6ᵉ édit., II, 630 et 631, en note; 659 et 657 (1880).
HILL. — *Dingl. Polyt. Journ.*, CXL, 75.
KOPP (E.). — *Rép. chimie appliquée*, I, 321 (1859).
LIEBIG. — *Journ. für prakt. chem.*, LXVIII, 316.
— *Rép. chimie appliquée*, I, 322 (1859).
LÖWE. — *Dingl. Polyt. Journ.*, CXL, 204.
MARTIN (A.). — *Les Mondes*, 17 juin 1875, 285.
PELOUZE et FREMY. — *Traité de chimie*, III, 1189 (1865).
WAGNER (R.). — *Jahresb. der Chem. Technol.*, 199 (1858)
WURTZ. — *Dictionnaire de chimie*, art. ARGENTURE, I, 382.

CHAPITRE VI. — PHOTOGRAPHIE.

FABRE-DOMERGUE. — *Guide du photographe et de l'amateur photographe* (*Bibliothèque des actualités industrielles*), nᵒ 18, 7 et suiv. (1888).
GIRARD (A.). — *Traité de chimie* de Pelouze et Fremy, III, 1430 à 1482 (1865).
PABST. — *La photographie* (*Encyclopédie chimique*).
VOGEL (H.). — *Berichte*, VI, 88 et 1302; VII, 545 et 1635.
WURTZ. — *Dictionnaire de chimie*, art. PHOTOGRAPHIE, t. 2, p. 996 à 1009.

CHAPITRE VII. — APPLICATIONS DIVERSES.

FOURNET. — *Ann. chim. phys.* [2], LXXIII, 435.
VARIGNY (DE). — *Grande Encyclopédie*, art. ARGENT, I, 843.



TABLE DES MATIÈRES

DEUXIÈME PARTIE

APPLICATIONS

CHAPITRE PREMIER

AFFINAGE DES MÉTAUX PRÉCIEUX

CHAPITRE II

ALLIAGES D'ORFÈVRERIE

CHAPITRE III

ALLIAGES MONÉTAIRES. — FABRICATION DES MONNAIES

CHAPITRE IV

ESSAIS DES ALLIAGES D'ARGENT ET DE CUIVRE

CHAPITRE V

ARGENTURE

CHAPITRE VI

CHAPITRE VII

APPLICATIONS DIVERSES

18455. — Imprimeries réunies, A, rue Mignon, 2, Paris.